que sais-je ?

LE CHANT

PAR RAOUL HUSSON

PRESSES UNIVERSITAIRES
DE FRANCE

LE CHANT

DU MÊME AUTEUR

Etude des phénomènes physiologiques et acoustiques fondamentaux de la phonation (Thèse Fac. Sci. Paris, 17 juin 1950. Couronnée par l'Acad. des Sciences, Prix de Physiologie, 1951). *Revue scientifique*, nos 3306, 3307 et 3308, 1950. Tiré à part formant vol. in-4°, XXII-96 p., 35 fig., biblio.

Physiologie phonatoire du larynx (*Encyclopédie médico-chirurgicale*, vol. ORL, décembre 1955, pages 20632 B 10 et suiv., 10 fig., biblio.).

Der gegenwärtige Stand der physiologischen Phonetik (Etat actuel de la phonétique physiologique). Fort mémoire paru dans *Phonética*, IV, 1959, 1er fasc. (en langue allemande).

Glas y govor (Voix et parole). Fort article de 60 000 mots, 25 fig., 4 tabl. numér., biblio., paru dans la *Grande Encyclopédie médicale yougoslave*, t. IV, Zagreb, 1960 (en langue yougoslave).

La voix chantée (vol. in-8°, XVI-204 p., 95 fig., biblio. *Collection des Sciences et Techniques d'aujourd'hui*, Gauthier-Villars, Paris, 1960) (traduit en langue russe).

Vznik hlasu z hlediska elektroakustického (Considérations électro-acoustiques sur la genèse de la voix). Fort article de 15 000 mots, 21 fig., biblio., paru dans *Slaboproudy Obzor*, t. 22, n° 4, Prague, 1961 (en langue tchèque).

Physiologie de la phonation (fort vol. in-8°, 592 p., 219 fig., biblio., Masson, Paris, 1962).

Et plus de 180 mémoires et travaux parus, depuis 1924, dans : *C.R. Acad. Sci. Paris* ; *Bull. Acad. Nat. Méd.* ; *C.R. Soc. Biologie* ; *Revue de Laryngologie Portmann* ; *Ann. d'Oto-Laryngologie* ; *Journal de Physiologie* ; *Journal de Physique et Radium* ; *Journal de Radiol. et d'Electrol.*, *Ann de Télécomm. et Cah. d'Acoustique* ; *Confér. Palais de la Découverte* ; *Revue génér. des Sciences* ; *Rev. des Quest. scientif.* (Belgique) ; *La Nature* (Paris) ; *Orbis* (Belgique) ; *Minerva Otorinolaringologica* (Italie) ; *Anhembi* (Brésil) ; *Fono-Audiologica* (Argentine) ; *Zibi-Inko-ka Rinzyo* (Japon) ; etc.

« QUE SAIS-JE ? »
LE POINT DES CONNAISSANCES ACTUELLES
N° 997

LE CHANT

par

Raoul HUSSON
Ancien élève de l'École Normale Supérieure
Docteur ès Sciences
Maître de Recherches au C.N.R.S.

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS

1962

OUVRAGES DE TECHNIQUE MUSICALE
PUBLIÉS DANS LA COLLECTION « QUE SAIS-JE ? »
AVEC LE CONCOURS DE NORBERT DUFOURCQ

Professeur d'Histoire de la Musique
au Conservatoire National de Musique

Norbert DUFOURCQ. — *L'orgue.*
— *Le clavecin.*
René DUMESNIL. — *L'opéra et l'opéra-comique.*
André HODEIR. — *Les formes de la musique.*
— *La musique étrangère contemporaine.*
Charles KOECHLIN. — *Les instruments à vent.*
Paul LOCARD. — *Le piano.*
Marc PINCHERLE. — *Les instruments de quatuor.*
Félix RAUGEL. — *Le chant choral.*
Evelyn REUTER. — *La mélodie et le lied.*
Louis AUBERT et Marcel LANDOWSKI. — *L'orchestre.*
Armand MACHABEY. — *La notation musicale.*
Bernard GAGNEPAIN. — *La musique française du Moyen Age et de la Renaissance.*
Claude ROSTAND. — *La musique française contemporaine.*
— *La musique allemande.*
Lucien MALSON. — *Les maîtres du jazz.*
Jean VIGUÉ et Jean GERGELY. — *La musique hongroise.*
José SUBIRÁ. — *La musique espagnole.*
Jean-François PAILLARD. — *La musique française classique.*
Bernard CHAMPIGNEULLE. — *Histoire de la musique.*
Marcelle SOULAGE. — *Le solfège.*
Armand MACHABEY. — *La musicologie.*

DÉPOT LÉGAL
1re édition .. .. .. 2e trimestre 1962

TOUS DROITS
de traduction, de reproduction et d'adaptation
réservés pour tous pays

© 1962, *Presses Universitaires de France*

PREMIÈRE PARTIE

RÉALISATION DES PERFORMANCES VOCALES DU CHANT

Chapitre Premier

LA RÉALISATION DES FRÉQUENCES ÉLEVÉES ET LE PREMIER MÉCANISME PROTECTEUR DES CORDES VOCALES

Mécanisme par lequel le larynx fixe la fréquence de la voix. — Pour la description anatomique du larynx humain, nous renverrons au volume n° 627 de cette Collection (chap. Ier), et nous nous bornerons à redonner le principe de son fonctionnement.

En position phonatoire normale, les deux cordes vocales C et C′ viennent s'accoler sur le plan vertical laryngé médian (fig. 1 *a*). Pendant la phonation, les parties antérieures et postérieures des deux cordes vocales restent en général accolées, mais on voit la fente glottique s'ouvrir rythmiquement en forme de fuseau très mince (fig. 1 *b*).

Le mécanisme de ces ouvertures glottiques rythmées est fort simple :

1° En premier lieu, le Pr-Dr Kurt Goerttler, de

Fribourg-en-Brisgau, a montré en 1950 que *toutes* les fibrilles musculaires des cordes vocales venaient s'insérer sur la surface glottique interne (fig. 2 *a*), formant deux systèmes entrecroisés. Lorsqu'elles se

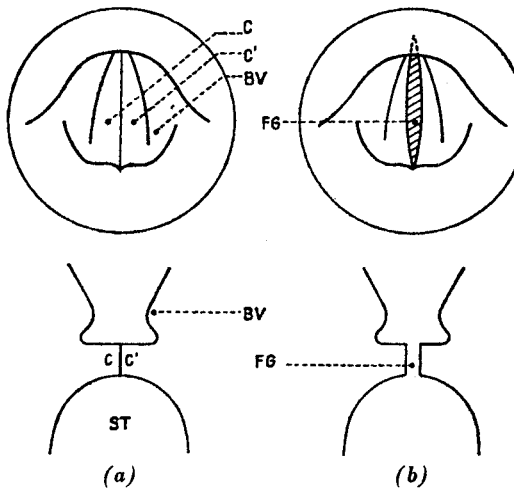

Fig. 1. — *Larynx en phonation (vue schématique)*

En haut : vue laryngoscopique. *En bas :* cliché tomographique. *A gauche (a) :* phase d'accolement des deux cordes vocales. *A droite (b) :* phase d'ouverture maxima de la glotte. BV : bande ventriculaire gauche (vue à droite). C et C' : cordes vocales. FG : fente glottique ou glotte. ST : sommet de la trachée ou sous-glotte.

contractent *simultanément*, chaque point O du bord libre est tiré *vers l'extérieur* par la résultante OR (fig. 2 *b*), tandis que les projections OL et OL' réalisent une tension longitudinale de la corde.

2° En second lieu, chaque contraction du système des fibrilles des cordes vocales est commandée

par *une salve d'influx nerveux moteurs* leur parvenant par les nerfs récurrents (nerfs moteurs du larynx), comme l'ont établi les célèbres expériences faites par le Dr André Moulonguet, membre de l'Académie de Médecine, et ses collaborateurs, à l'hôpital Boucicaut à Paris en 1952-1953, sur l'homme et *in vivo*.

3° En troisième lieu, chaque salve d'influx récurrentiels moteurs assure la contraction *simultanée* des fibrilles musculaires s'insérant sur les bords de la glotte, ce qui provoque une ouverture fusiforme de celle-ci, comme l'ont montré les expériences d'électro-myographie réalisées sur l'homme et *in vivo* à l'hôpital Bellan à Paris, de 1954 à 1957, par le Pr Georges Portmann et ses collaborateurs.

Par chacune de ces ouvertures fusiformes sort un jet d'air alimenté par la pression trachéale sous-glottique (si cette pression existe et est suffisante). Si la glotte s'ouvre ainsi 194 fois par seconde (par exemple), il en sort 194 jets d'air par seconde, créant ainsi un son de 194 cycles par seconde (soit un *sol* 2). C'est là, typiquement, un mécanisme de *sirène*.

Précisons bien que ce mécanisme n'est nullement vibratoire : *rien ne vibre dans le larynx pendant la phonation*. Les ouvertures glottiques rythmées et rapides qui se produisent ne résultent que des actions musculaires que nous venons de décrire, et le courant d'air n'y est pour rien. Des preuves multiples de ce dernier fait ont été acquises depuis 1952 : ces ouvertures glottiques rythmées et rapides ont été observées plus de cent fois déjà *en dehors de tout courant d'air et de tout son émis*, et ceci par de nombreux expérimentateurs (Laget, 1952 ; Piquet et Decroix, 1956 ; Galli et De Quiros, 1957 ;

Sabouraud et Grémy, 1958 ; Husson, 1959 ; Grémy, Rogé et Mlle Striglioni, 1960 ; etc.).

Remarque. — Il est à peine besoin de faire observer que, si aucune pression n'existe sous la glotte, les ouvertures glottiques rythmées ne déterminent la

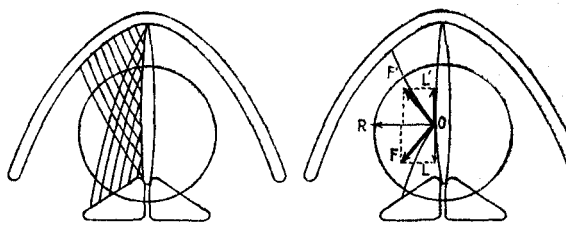

Fig. 2. — *Travail des fibres musculaires des cordes vocales pendant la phonation*

En (a) : double système de fibrilles musculaires incluses dans chaque corde vocale. *En (b) :* pendant la contraction de ces fibrilles musculaires, chaque point O du bord libre de la corde vocale est tiré longitudinalement par les composantes opposées OL et OL', et latéralement par la résultante OR.

production d'aucun son, *puisque aucun jet d'air ne sort.* De même, dans une sirène, aucun son n'est produit même si le disque perforé tourne, *lorsque aucun courant d'air ne circule.* Ce sont les jets d'air glottiques qui produisent la voix, mais les ouvertures rythmées du *robinet glottique* sont assurées par un mécanisme neuro-musculaire entièrement distinct de la circulation aérienne.

Le premier registre de la voix humaine. — Le registre le plus grave de la voix humaine (pour les deux sexes) s'appelle encore *premier registre* ou *voix de poitrine.*

Il est caractérisé *neurologiquement* comme suit : pendant l'émission de sons de ce registre, les influx moteurs parvenant aux cordes vocales *progressent* « en phase » dans les axones en activité du nerf récurrent. La figure 3 *a* représente ce type monophasé de conduction récurrentielle, qui fait que ce registre est également appelé *registre monophasé.*

Il est facile d'indiquer la fréquence maxima susceptible d'être atteinte dans ce registre. On sait que, après le passage d'un influx en un point d'un nerf, ce point demeure *inexcitable* durant un certain laps de temps appelé *période réfractaire pratique du nerf* (environ 2 millièmes de seconde pour un récurrent d'excitabilité moyenne). Il en résulte que la fréquence maxima est atteinte lorsque, dans un axone récurrentiel, *deux influx successifs sont séparés par la durée d'une période réfractaire pratique.* Si cette durée est P millièmes de seconde, la fréquence maxima de la voix dans ce registre sera donnée par la formule :

$$N\,(\text{max.}) = \frac{1\,000}{P}$$

Cette durée P est, en millièmes de seconde, de 2,5 pour les basses, de 2,1 pour les barytons, et de 1,7 pour les ténors (chiffres moyens). Ce qui donne les fréquences maxima respectives de *sol* 3, *si* 3 et *ré* 4, bien connues des chanteurs.

Le second registre de la voix humaine. — Pour dépasser cette fréquence maxima de conduction d'influx au sein du récurrent, il faut que les axones de ce nerf se scindent en *deux* groupes : dans chaque groupe considéré isolément, les influx progresseront « en phase » (comme précédemment), mais, d'un groupe à l'autre, les influx progresseront *avec une*

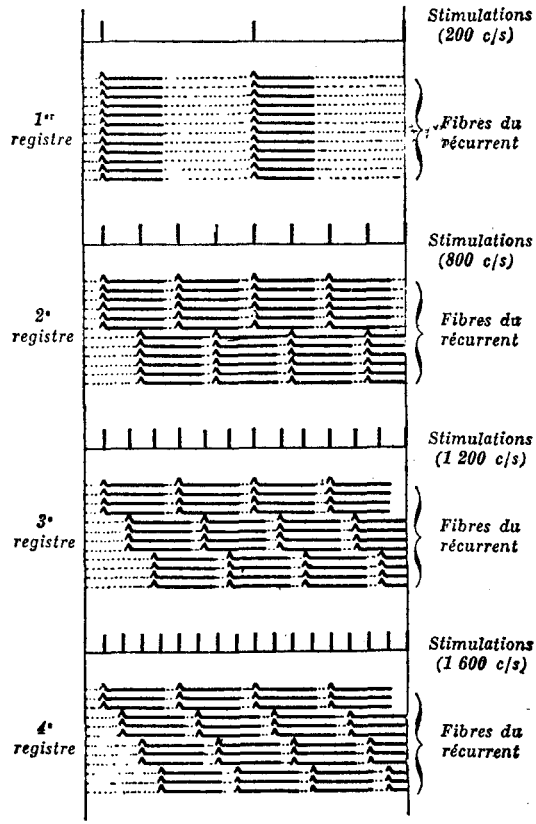

Fig. 3

Schéma des quatre types de conduction récurrentielle pendant la phonation caractérisant chacun des quatre registres de la voix humaine

(Explications dans le texte)

différence de phase d'une demi-période. Cette conduction récurrentielle *biphasée* est représentée par la figure 3 *b*. Il en résulte que la fréquence maxima susceptible d'être atteinte sera, dans ce cas, *double de la précédente.* Ce mode de conduction récurrentielle caractérise *neurologiquement le second registre* de la voix humaine, encore appelé *registre biphasé*, ou *voix de fausset* (pour les hommes), ou encore *voix de tête* (pour les femmes et les enfants).

Si la durée de la période réfractaire pratique du nerf récurrent est de P millièmes de seconde, la fréquence maxima susceptible d'être atteinte dans ce registre sera donnée par la formule :

$$N\,(max.) = \frac{2 \times 1\,000}{P}$$

On trouve ainsi *sol* 4 pour les contraltos, *si* 4 pour les mezzos et *ré* 5 pour les sopranos (chiffres moyens), qui sont bien les limites connues.

Remarque. — Signalons ici que, dans des expériences mémorables réalisées en 1954 au laboratoire de physiologie de la Sorbonne, le Pr Edouard Corabœuf a réussi à réaliser, dans un nerf récurrent *in vitro*, une conduction *monophasée* se transformant brusquement en une conduction *biphasée* en stimulant électriquement le nerf à des fréquences croissantes de 100 à 1 000 par seconde.

Le troisième et le quatrième registre de la voix humaine. — Certains sujets (des sopranos en général, mais non exclusivement) ont la propriété de pouvoir, pendant la phonation, scinder leurs axones récurrentiels en *trois* groupes : les influx progressent « en phase » dans chaque groupe considéré isolément, mais avec une *différence de phase d'un tiers de période* d'un groupe à l'autre. Cette conduc-

tion récurrentielle *triphasée* est représentée sur la figure 3 *c*, et elle permet évidemment d'atteindre une fréquence maxima *triple* de celle réalisée dans un axone isolé, et donnée par la formule :

$$N\,(max.) = \frac{3 \times 1\,000}{\quad}$$

située *une quinte* exacte au-dessus de la limite supérieure atteinte par le même sujet dans son second registre. Ce registre supplémentaire est appelé *troisième registre* ou *registre triphasé*, et correspond au « petit registre » ou « registre de flageolet » des anciens auteurs.

Enfin certains sujets (rarissimes) peuvent réaliser une conduction *quadriphasée* au sein d'un récurrent qui se scinde en quatre groupes d'axones travaillant à tour de rôle (fig. 3 *d*). Ils peuvent ainsi atteindre la fréquence maxima :

$$N\,(max.) = \frac{4 \times 1\,000}{\quad}$$

située une *quarte* exacte au-dessus de la limite supérieure de leur troisième registre, et à l'*octave* exacte de la limite supérieure de leur second registre.

La regrettée Mado Robin présentait quatre registres, dont les trois derniers avaient respectivement pour limites supérieures *ré* 5, *la* 5 et *ré* 6. Mlle Jennifer Johnson présente le même phénomène avec les limites supérieures homologues *fa* 5, *ut* 6 et *fa* 6. Ces fréquences limites sont bien proportionnelles aux nombres 2, 3 et 4.

Remarque. — Dans les figures 3 *a*, *b*, *c*, *d*, chaque influx est représenté par un petit « clocher » triangulaire. Le *trait plein* qui suit chaque « clocher » représente la durée de la période réfractaire pratique, durant laquelle l'axone ne peut être excité à nouveau.

Voix adultes masculines et féminines. Voix enfantines. — Il est bien connu qu'un sujet *homme* et un sujet *femme*, présentant une *même excitabilité récurrentielle*, chantent cependant sur des fréquences *différentes* : la femme chante dans ces conditions sur une bande de fréquences située exactement à l'*octave aiguë* de celle utilisée par l'homme. D'où provient cette différence ?

On s'est contenté de dire, durant des lustres, que le larynx de la femme était plus petit que celui de l'homme (*grosso modo* un tiers en moins), et qu'alors il devait « logiquement » donner des sons plus aigus. Mais certaines chanteuses ont de *gros* larynx, et demeurent des sopranos, tandis que certains chanteurs ont des larynx *beaucoup plus petits* tout en parlant et chantant à l'octave grave.

L'explication physiologique stricte de cette différence est en réalité la suivante : l'homme chante normalement en registre *monophasé*, tandis que la femme chante normalement en registre *biphasé*. Et nous avons vu que, à excitabilités récurrentielles égales, le registre biphasé se situait à l'octave aiguë exacte du premier.

Le seul problème physiologique qui se pose est donc de savoir pourquoi le larynx de la femme *répond normalement en registre biphasé*, tandis que le larynx de l'homme *répond normalement en registre monophasé*.

Les recherches faites depuis 1952, notamment par le Dr J.-H. Amado, en ont fait connaître la solution, qui est de nature *endocrinologique* (ou *hormonale*), mais que le cadre de ce petit livre ne permet pas de développer ici. Nous renverrons le lecteur, sur ce point, à des ouvrages plus étendus, et notamment, sous notre plume, à *La voix chantée* (Gauthier-

Villars, 1960) et à *Physiologie de la phonation* (Masson, 1962).

Que sont les voix enfantines *avant la mue* ? Ce sont des voix émises en registre *biphasé*, donc entièrement identiques aux voix féminines adultes normales. Lorsque la mue survient chez le jeune garçon, son larynx se met à répondre en registre *monophasé*, ce qui déplace la voix *grosso modo* d'une octave. Chez la petite fille, la mue, *très faible*, ne modifie pas le biphasage de la réponse laryngée, et s'accompagne d'une seule modification (modeste) de timbre et d'intensité.

La couverture des voyelles ouvertes en premier registre ou passage des chanteurs. — Observons un ténor qui monte une gamme en premier registre sur une voyelle *ouverte* (1), A par exemple. Partant de *ut* 2, il garde un son *bien ouvert* sans difficulté jusque sur *ut* 3. Sur les notes suivantes, *ut* dièse 3, *ré* 3, *ré* dièse 3, sa voix *blanchit*, et il ressent au niveau de son larynx des sensations désagréables de *tension*, de *striction*, et même des picotements douloureux (coups d'aiguille). Le *mi* 3 est en général la dernière note qu'il peut émettre ainsi, ou, comme on dit couramment, qu'il peut *ouvrir*. Pour aller plus haut *sans forcer sa voix sur des sensations laryngées aussi pénibles*, il faut que *quelque chose se passe au niveau de son larynx*. Lorsque ce « quelque chose » se produit, le sujet éprouve une sensation

(1) Rappelons que le chant requiert la différenciation et l'usage de 14 voyelles parfaitement déterminées qui sont :

1° Quatre voyelles *ouvertes* : A (de part) ; È (de père) ; O (de port) ; Eu (de peur). Nous les orthographierons en majuscules ;

2° Six voyelles *fermées* : é (de thé) ; o (eau) ; eu (de peu) ; i ; u ; ou ;

3° Quatre voyelles *nasalisées*, qui sont en réalité des voyelles *ouvertes*, et qui proviennent de la *nasalisation légère* de chacune des quatre voyelles ouvertes correspondantes : AN venant de A ; ON de O ; IN de È, UN de EU.

de détente et de décontraction dans son larynx, ses sensations internes laryngées désagréables s'évanouissent, et il a la surprise de pouvoir poursuivre sans difficulté l'émission de sa gamme jusqu'au sommet de son premier registre.

Ce « quelque chose », découvert en Italie au début du XIX^e siècle, s'appelle traditionnellement la *couverture des sons ouverts*, ou encore le *passage* des chanteurs.

Mécanisme laryngé de l'exécution de la couverture d'un son ouvert. — L'étude du mécanisme de la couverture des sons ouverts a pu être faite dans son détail par les méthodes les plus modernes (radiographie, tomographie, stroboscopie, glottographie électrique, analyse électroacoustique, etc.).

Lorsque le sujet effectue la couverture d'un son ouvert sur une note de « passage », on observe ce qui suit au niveau du larynx :

1° Les muscles *crico-thyroïdiens* se contractent,

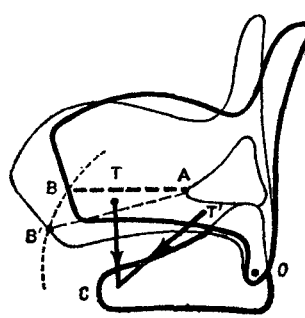

Fig. 4. — *Bascule du thyroïde sur le cricoïde au cours de l'exécution de la couverture des sons ouverts.* — Explications dans le texte.

Les muscles crico-thyroïdiens CT et CT' se contractent. Le cartilage thyroïde pivote autour du point O. La corde vocale AB vient en AB' et se trouve nécessairement étirée.

provoquant une bascule vers le bas et vers l'avant du cartilage thyroïde (fig. 4), dont le point fixe est en O.

2° Les cordes vocales sont ainsi *étirées* et *allongées*. Sur la fig. 4, elles viennent de AB en AB', s'inclinant vers le bas et l'avant.

3° Au laryngostroboscope, on voit les cordes

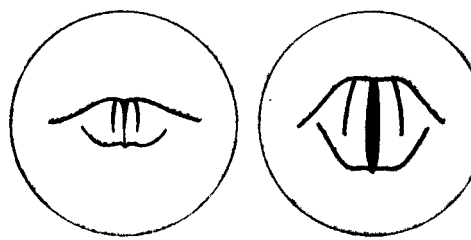

Fig. 5. — *Vues laryngostroboscopiques d'un larynx en phonation avant et après l'exécution de la couverture d'un son*

Larynx d'un ténor émettant un *fa* 3 : *en (a)*, sur la voyelle È ouvert ; *en (b)*, sur la même voyelle « couverte », c'est-à-dire intermédiaire entre é fermé et eu fermé.

vocales s'*allonger*, devenir plus *rectilignes*, tandis que l'ensemble du larynx se *décontracte* (fig. 5).

4° On observe à la radiographie transversale une énorme *dilatation* du pharynx, et parfois un abaissement du bloc laryngé (fig. 6).

Régulation homéostasique de l'excitabilité des cordes vocales par la réalisation de la couverture des voyelles ouvertes. — Le mécanisme laryngé précédemment décrit étant connu, il est facile de comprendre ce qui se passe au sein des cordes vocales avant, pendant et après le « passage ». Sur *ut* 2,

les fibrilles transversales des cordes vocales doivent se contracter 129 fois par seconde, 259 fois sur *ut* 3, 290 fois sur *ré* 3, 326 fois sur *mi* 3, 345 fois sur *fa* 3, 388 fois sur *sol* 3, etc. Or, la *fréquence de fusion tétanique* de ces fibrilles musculaires dépend de leur

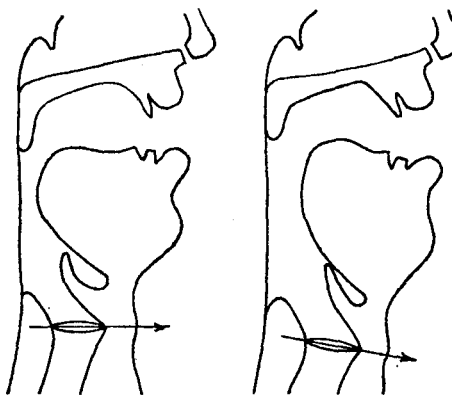

Fig. 6. — *Profils radiographiques d'un pavillon pharyngo-buccal avant et après l'exécution de la couverture d'un son ouvert* (d'après des clichés obtenus par le Dr A. Djian, collections R. Husson).

Sujet : M. René Bianco, premier baryton, de l'Opéra de Paris
Voyelle A émise sur *mi* 3 : ouverte *(à gauche)* ; couverte *(à droite)*

excitabilité, et elle est *voisine 300* (un peu moins pour les basses, un peu plus pour les ténors). En arrivant sur cette fréquence critique, les salves d'influx ne décollent plus les cordes vocales, qui restent accolées, et le son ne se forme plus.

C'est alors que le mécanisme de la couverture des sons, en *étirant* les cordes vocales, *élève leur excitabilité* (Lapicque, 1926 ; Dumont, 1930). Dès lors les contractions successives de la musculature

glottique peuvent se poursuivre sur des fréquences plus élevées.

Ainsi donc, la couverture des sons est en fait un *mécanisme homéostasique* (c'est-à-dire qui assure une régulation fonctionnelle) : *il réalise la régulation de l'excitabilité des cordes vocales au moment où le rythme des ouvertures glottiques s'approche dangereusement de la fréquence de fusion tétanique de sa musculature.*

Ajoutons que la physiologie fixe comme suit la fréquence optima d'exécution du « passage » en premier registre : pour la basse noble, en passant de *ut* dièse 3 à *ré* 3 ; pour la basse centrale, de *ré* 3 à *ré* dièse 3 ; pour la basse chantante et le baryton grave, de *ré* dièse 3 à *mi* 3 ; pour le baryton aigu et le ténor, de *mi* 3 à *fa* 3 ; pour le ténor haute-contre, de *fa* 3 à *fa* dièse 3.

Remarques diverses. — 1° *Couverture des sons « ouverts » en second registre.* — La chanteuse qui monte une gamme en second registre sur une voyelle ouverte rencontre les mêmes difficultés d'émission, et la même nécessité d'y pallier par une « couverture de son », sur des fréquences exactement *doubles* de celles homologues en premier registre (donc aux environs du *mi* 4). Les phénomènes sont identiques : ils ont même cause et mêmes effets.

2° *Cas des voyelles « fermées ».* — L'émission de gammes ascendantes sur des voyelles fermées ne présente pas de « passage » aux environs des fréquences de « couverture des sons » des voyelles ouvertes. Mais un peu d'attention montre qu'une « couverture du son » a eu lieu environ *une quinte plus tôt.* Très faiblement marquée, elle passe en général inaperçue de l'auditeur, et même parfois du sujet. C'est le « petit passage » des anciens maîtres du

passé, qui l'avaient fort bien observé. Il existe bien entendu en second et en premier registre.

Sur la voix dite « mixte ». — La voix dite « mixte », facile à étudier à l'aide de l'instrumentation décrite plus haut, n'est pas un registre particulier : c'est une voix émise *pianissimo* ou *piano* sur des voyelles *fermées* ou *fortement couvertes*, la couverture intervenant en général une tierce avant sa hauteur normale, ce qui donne à la voix un timbre *velouté* caractéristique.

Le ténor, par exemple, peut chanter ainsi dès *ut* 3 et au-dessus, en premier registre. La femme peut présenter une voix mixte de premier registre, entre *ut* 3 et *sol* 3 par exemple (alto), et une voix mixte de second registre, entre *ut* 4 et *sol* 4 par exemple (alto).

Chapitre II

LA RÉALISATION DES GRANDES INTENSITÉS ET LE SECOND MÉCANISME PROTECTEUR DES CORDES VOCALES

Facteurs principaux commandant l'intensité de la voix. — Chaque jet d'air sortant du larynx durant une période d'ouverture fusiforme de la glotte, pendant la phonation, possède une masse m et une vitesse V, donc une force vive $mV^2/2$: c'est cette force vive qui alimente l'intensité de la voix. Du grave à l'aigu et du piano au forté, la masse m *varie peu* (de 1 à 100), tandis que la quantité V^2 varie dans des limites *colossalement larges* (de 1 à 1 000 000 000 !). Il en résulte que c'est la vitesse de fuite de l'air à travers le larynx qui est le *facteur essentiel* (quoique non exclusif) de l'intensité de la voix.

Or, si l'on assimile cette fuite d'air à travers le larynx à un écoulement d'air à travers un *trou percé en paroi mince*, en première approximation (fig. 7), les lois de l'aérodynamique montrent que la vitesse V de fuite ne dépend que de la différence des pressions de part et d'autre du trou (et nullement de la surface de l'orifice). L'intensité de la voix a donc pour facteur essentiel la *surpression sous-glottique*.

Dans une seconde approximation, on peut assi-

miler la glotte à l'orifice d'une *tuyère convergente* (fig. 8), et dès lors la vitesse de fuite est d'autant plus grande que l'orifice terminal est petit. L'intensité de la voix croît donc avec le *tonus des accolements glottiques*.

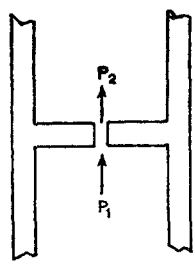

Fig. 7. — *Schéma d'un écoulement aérien à travers un trou percé en paroi dite « mince ».* — La vitesse d'écoulement ne dépend que de la différence entre les pressions amont P_1 et aval P_2.

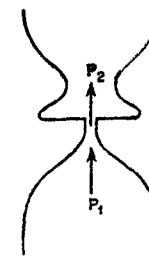

Fig. 8. — *Ecoulement aérien à travers la glotte.* — L'affrontement des cordes vocales dessine une tuyère convergente. La vitesse d'écoulement croît quand la section de la tuyère diminue.

L'étude du conditionnement de l'intensité de la voix conduit donc à celle des accolements et des comportements glottiques pendant la phonation. Nous allons dire quelques mots de deux méthodes utilisées à cette fin.

Etude des comportements phonatoires glottiques à l'aide du miroir laryngoscopique de Garcia (1855). — Garcia, chanteur et professeur de chant, réussit en 1855 à *voir le larynx tout en l'éclairant* en plaçant sur la luette du sujet un petit miroir de dentiste convenablement orienté. Cet appareil simpliste est encore utilisé de nos jours par tous les médecins

laryngologistes (fig. 9) de tous les pays. En utilisant une lumière *périodiquement occultée*, on réalise la vision stroboscopique du larynx, qui permet de voir

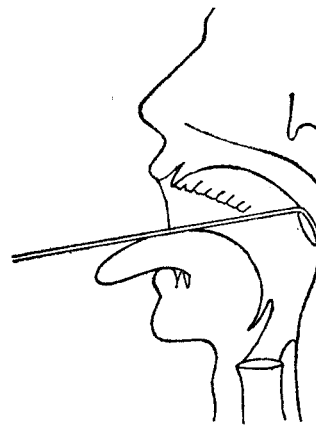

Fig. 9. — *Position du miroir de Garcia pour l'observation du larynx pendant la phonation* (d'après un cliché radiographique).

Noter : la protraction énergique de la langue ; l'élévation du larynx ; la contraction du bas-pharynx. Comparer à la figure 6.

au ralenti les cordes vocales *se décoller et s'accoler* à chaque période.

Si cette méthode permet de *voir* les cordes vocales, d'apprécier leur *coloration*, la *rectilinéarité* de leurs bords libres, leur *vascularisation* superficielle, etc., elle ne permet en aucune manière de juger leur comportement phonatoire. Elle exige en effet une *forte protraction de la langue hors de la bouche*, et, souvent également, la *cocaïnisation* de la luette et des piliers antérieux du voile.

Or la cocaïnisation d'une région, si minime soit-

elle, de la muqueuse pharyngo-bucco-nasale, provoque immédiatement une *chute de tonus* de la musculature laryngée.

Quant à la protraction forcée de la langue hors de la bouche, à elle seule, elle a pour répercussions :

a) Une *chute de tonus* importante de la musculature laryngée ;
b) Une *diminution de l'excitabilité* des cordes vocales, qui croît très vite avec le temps.
c) La perte de la *quinte aiguë* de chaque registre ;
d) L'impossibilité d'effectuer la *couverture des sons.*

L'observation du larynx à l'aide du miroir de Garcia (laryngoscopie simple, stroboscopie, cinématographie, etc.) ne donne que l'image d'un comportement phonatoire glottique gravement altéré, très différent du comportement normal.

Etude des comportements phonatoires glottiques à l'aide de la glottographie électrique du Pr Philippe Fabre (1957). — Philippe Fabre, professeur de physique biologique à la Faculté de Médecine de Lille, a construit dès 1957 un appareil permettant de voir, sur l'écran d'un oscillographe cathodique, le décours en fonction du temps des ouvertures et fermetures phonatoires glottiques. Il place pour cela deux électrodes de chaque côté du cartilage thyroïde du sujet et y lance un courant de haute fréquence et de minime intensité. Les ouvertures glottiques provoquent des modifications de même fréquence de l'impédance transversale du larynx, lesquelles *modulent* l'intensité du courant qui sort. Ce dernier est recueilli, redressé et amputé de l'onde porteuse par le dispositif de Philippe Fabre, appelé *glottographe*, et dirigé sur un oscillographe cathodique (fig. 10). Son écran reproduit ainsi les varia-

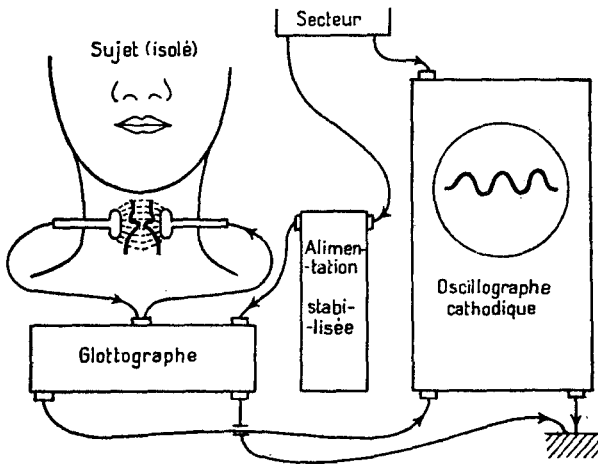

Fig. 10. — *Montage schématique du glottographe électrique de Ph. Fabre, fonctionnant sur secteur avec alimentation stabilisée, avec un sujet et un oscillographe cathodique.*

tions de surface de la glotte en fonction du temps, selon une courbe (photographiable) appelée *glottogramme.*

Sur un glottogramme (voir par exemple fig. 11), parcouru *de gauche à droite*, la partie *montante* correspond à la phase d'*écartement* des cordes vocales, la partie *descendante* décrit leur *rapprochement* plus ou moins rapide, et la partie *quasi horizontale* indique leur phase d'*accolement* (durant laquelle la glotte est fermée).

Dans sa récente thèse de médecine (1961), le Dr Duvelleroy (junior), a fait une étude poussée de la méthode du Pr Philippe Fabre, méthode qui constitue *le plus grand progrès réalisé en matière d'investigation phonatoire laryngée depuis un siècle.*

Il est en effet inutile de souligner que cette méthode saisit le larynx dans son fonctionnement normal, sur toute voyelle, à toute fréquence, et quelle que soit l'intensité de la voix émise.

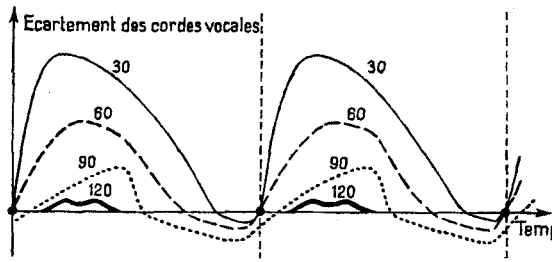

Fig. 11. — *Glottogrammes enregistrés à intensité seule variable (même sujet, même hauteur tonale, même voyelle)*
Explications dans le texte

Le comportement phonatoire glottique en fonction de l'intensité produite. — Le comportement phonatoire de la glotte se modifie lorsque la *voyelle* émise change, lorsque la *fréquence* varie, et lorsque l'*intensité* de la voix croît. Ce sont ces dernières variations qui sont les plus importantes (et les moins connues). La figure 11 reproduit les variations du glottogramme de la voyelle O (ouvert), émise sur *ut* 3 par une basse chantante de grand opéra (M. Georges Vaillant), lorsque l'intensité de la voix croît progressivement de 30 décibels *(pianissimo)* à 60 dB, puis à 90 et à 120 dB *(fortissimo)*.

On voit que, à mesure que l'intensité s'élève :

1° La durée de la phase d'occlusion augmente sans cesse ;

2° La durée de la phase d'écartement croît et

celle de la phase de rapprochement décroît ;

3° L'amplitude du décollement des deux cordes vocales diminue sans cesse.

Aux très grandes intensités vocales (120 dB et plus), les deux cordes vocales ne s'écartent presque plus, et seulement durant une faible fraction de la période ; le glottogramme présente souvent deux petites « bosses », dont les récents travaux de Mme Jelena Krmpotic, directrice de l'Institut d'Anatomie de Zagreb, ont expliqué la genèse (sur laquelle nous ne pouvons insister).

Le facteur essentiel (mais non exclusif) de ces modifications morphologiques du comportement phonatoire glottique, lorsque l'intensité croît (pour une même voyelle et une même fréquence émises), est une élévation progressive et énorme du *tonus d'accolement des cordes vocales* (le sphincter glottique se « durcit »).

Conditionnement physiologique extra-laryngé des grandes intensités vocales. — La réalisation de fortes surpressions sous-glottiques (jusqu'à 400 et 500 cm d'eau dans le chant théâtral) requiert une ventilation pulmonaire adaptée : musculature expiratrice puissante et, secondairement, grande capacité thoracique. La réalisation de tonus glottiques élevés exige une musculature glottique bien développée (condition anatomique), un fonctionnement parfait de la formation réticulée bulbaire (condition neurologique), et des cordes vocales présentant un métabolisme excellent (condition tissulaire et enzymatique). Mais la nécessité d'un conditionnement *extra-laryngé* très étendu s'est également révélée, portant notamment sur :

1° Une forte pression *abdominale* (Thooris van Borre) ;

2° Un bon fonctionnement du *cœur droit* (A.-M. Di Giorgio ; A. Hustin) ;

3° Une constitution *endocrinienne* particulière (notamment hyper-cortico-surrénalienne).

Si tout chanteur et toute chanteuse peuvent parvenir, à la suite d'un entraînement *convenable* et poursuivi assez longtemps, à acquérir l'usage des notes les plus élevées de leurs tessitures normales, les grandes intensités vocales sont réservées à des sujets *sélectionnés*. Chacun possède une intensité limite qu'il ne saurait dépasser et que, au surplus, il n'atteindra qu'au prix d'un entraînement prudent et très rigoureusement adapté.

Les trois conditions ci-dessus énumérées ne sont pas encore *suffisantes*, du moins pour permettre la réalisation de très grandes intensités *longtemps soutenues* et *souvent répétées*, ceci sans fatigue excessive. Il convient de leur adjoindre une condition portant sur la *nature* de la technique vocale utilisée par le sujet, c'est-à-dire, en fait, portant sur l'utilisation du pavillon pharyngo-buccal et agissant sur le larynx par la réaction exercée sur celui-ci par ledit pavillon.

Ce dernier conditionnement, d'une importance exceptionnelle, va exiger, pour son étude, que nous introduisions une notion nouvelle et fondamentale : celle d'*impédance* opposée par un pavillon à la propagation d'ondes sonores en son sein, qui nous conduira à celle d'*impédance ramenée* par un pavillon sur son mécanisme d'attaque sonore.

Explication intuitive des notions d'impédance et d'impédance ramenée en acoustique des pavillons. — Soit une source sonore S qui débite de l'énergie acoustique dans deux types de pavillons : l'un P_1

très évasé, l'autre P_2 très resserré à sa bouche (fig. 12). On comprend que la propagation de sortie des ondes sonores sera *facilitée* dans le pavillon P_1 et *freinée* dans le pavillon P_2, ceci aux environs de l'extrémité de sortie. On exprime le fait en disant que le pavillon P_2 (dont la sortie est rétrécie) oppose à la propagation des ondes une *impédance élevée*, tandis que le pavillon P_1 ne lui oppose qu'une *impédance faible*.

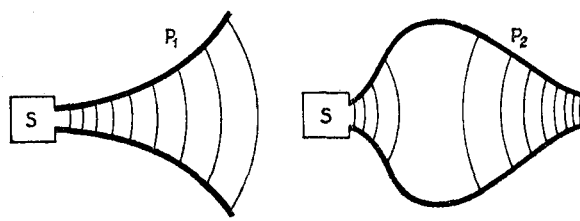

Fig. 12. — Explications dans le texte

L'impédance apparaît ici comme une *résistance* (de type *fluide*) opposée à la propagation. Dans de telles conditions simplifiées, on démontre que le principal effet de l'impédance est de *diminuer l'amplitude* du mouvement vibratoire qui se propage (sans altération sensible de sa fréquence et de sa vitesse).

La notion d'*impédance ramenée* s'en déduit aisément : dans le cas des deux pavillons P_1 et P_2, c'est la source S qui est obligée de fournir toute l'énergie destinée à alimenter la propagation. Cette énergie fournie devra *vaincre toutes les impédances* rencontrées au sein de chaque pavillon : elle sera donc supérieure pour P_2 que pour P_1. On exprime le fait en disant que *le pavillon* P_2 *ramène sur la source S une impédance plus élevée que* P_1.

La source S débitera plus d'énergie vibratoire

dans P_2 que dans P_1 (toutes choses égales d'ailleurs), et on dit aussi que le pavillon P_2, en raison de son impédance ramenée, *charge mieux* que ne le fait P_1 son mécanisme d'attaque S (voir Yves Rocard, *Dynamique générale des vibrations*, 3e éd., Masson, Paris, 1961).

Facteurs provoquant l'accroissement de l'impédance ramenée sur le larynx par le pavillon pharyngo-buccal. — Pendant la phonation, le pavillon pharyngo-buccal ne saurait faire exception à la règle ci-dessus : il *ramène* sur le larynx une *impédance* qui dépend de divers facteurs qu'il importe de bien connaître. D'une façon précise, cette impédance *ramenée sur le larynx* croît dans les circonstances suivantes :

1° Lorsque l'*orifice bucco-labial* se rapetisse ;

2° Lorsque le *larynx* s'abaisse, ce qui allonge le pavillon ;

3° Lorsqu'un *état résonantiel* s'accroche en un point du pavillon (en général dans la cavité buccale antérieure) ;

4° Lorsque, sur une même hauteur tonale, on émet les quatre voyelles *ouvertes* dans l'ordre : È, A, O, EU ;

5° Lorsque, sur une même hauteur tonale, on passe d'*une voyelle ouverte à une voyelle fermée* ;

6° Lorsque, sur une même hauteur tonale, on émet les six voyelles *fermées* dans l'ordre : i, é, eu, u, o, ou ;

7° Lorsque, sur une même hauteur tonale et une même voyelle, on « sombre » le son émis ;

8° Lorsque, sur une même voyelle, on passe d'un son à un son *plus aigu* ;

9° Lorsque la *réverbération* du local croît ;

10° Enfin, lorsque le *voile* s'abaisse, et que le son se *nasalise*, l'impédance ramenée sur le larynx croît encore, cette fois dans des *proportions considérables* (fig. 13).

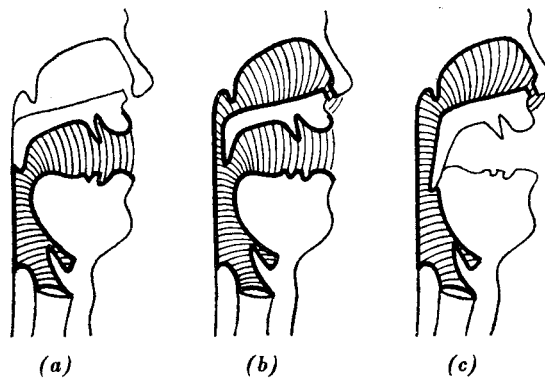

Fig. 13. — *Différents profils de pavillon pharyngo-bucco-nasal*

En (a) : voyelle A, pavillon pharyngo-buccal seul. *En (b) :* voyelle nasalisée AN, pavillon à double sortie, à la fois buccale et nasale. *En (c) :* son émis « bouche exclue », pavillon pharyngo-nasal seul.

Modifications du comportement glottique sous l'effet d'une impédance ramenée croissante. — Lorsque le sujet modifie l'impédance qu'il ramène sur son larynx tout en émettant un son *continu*, le comportement de son larynx se modifie de façon également *continue*. L'étude de cette modification progressive, difficile et mal commode à la laryngostroboscopie, s'effectue avec la plus grande facilité à la glottographie électrique de Philippe Fabre. Cette étude montre que, lorsque l'impédance ra-

menée *croît*, le comportement glottique se modifie comme suit :

1° Le larynx se *décontracte* légèrement dans son ensemble (fig. 14) ;

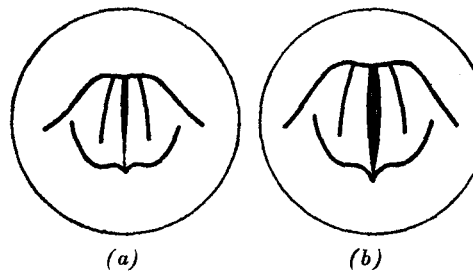

Fig. 14. — *Effets d'une impédance ramenée croissante appréciés à la laryngostroboscopie*
Explications dans le texte

En (a) : avec une impédance ramenée faible(È ouvert clair sur *ut* 3). *En (b)* : avec une impédance ramenée plus forte (EU ouvert sur *ut* 3).

2° La durée de la *phase d'accolement* durant chaque période *décroît*, tandis que l'*amplitude* des excursions latérales des cordes vocales *augmente* : ce double fait traduit une *chute légère* du *tonus d'accolement* des deux cordes vocales (fig. 15).

Effet « protecteur » exercé par une impédance ramenée sur les fins mécaniques neuro-musculaires phonatoires glottiques. — L'impédance ramenée sur le larynx favorise donc le *décollement* des cordes vocales à chaque période, en facilitant et en amplifiant la phase d'écartement. Il est facile de voir que ceci constitue, pour les fibrilles musculaires des cordes vocales, un *mécanisme protecteur* efficace.

En effet, ces fibrilles *travaillent* pendant la phase d'écartement, puisque c'est leur contraction simul-

tanée qui entrouvre la fente glottique. La contraction d'une fibrille isolée dure un temps très court ; elle exerce donc une véritable petite *percussion* sur la très fine insertion qui l'attache au bord de la

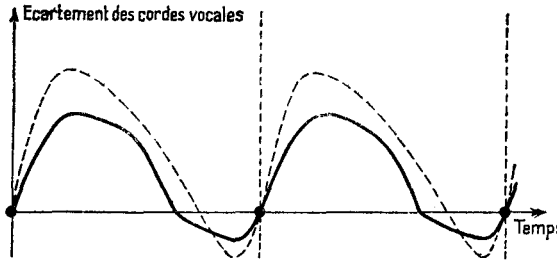

Fig. 15. — *Modification du glottogramme lorsque l'impédance ramenée sur le larynx croît (toutes choses égales d'ailleurs)*
Explications dans le texte

En trait continu épais : glottogramme à faible impédance ramenée. *En tirets fins :* glottogramme précédent modifié par un accroissement de l'impédance ramenée sur le larynx.

corde vocale. Essayons d'évaluer la force F développée durant cette percussion. Elle est donnée approximativement par la formule classique :

$$F \times \Delta t = m \times \Delta v = m \frac{\Delta e}{\Delta t}$$

où Δt est la durée de la percussion, Δv la variation de vitesse produite, m la masse mise en mouvement, Δe l'écartement produit. Si, pour fixer les idées, on prend $\Delta t = 0{,}001$ s, $\Delta e = 0{,}1$ cm, $m = 1{,}2$ g, on obtient :

$$F = 120\,000 \text{ dynes}$$

valeur importante destinée à *vaincre la raideur* de la corde vocale.

L'impédance ramenée, en diminuant cette raideur, provoque donc une diminution corrélative du travail que chaque fibrille musculaire d'une corde vocale doit dépenser à chaque période pour assurer la phonation.

Chapitre III

LE TIMBRE DES VOYELLES CHANTÉES ET SES RÉPERCUSSIONS SUR LE FONCTIONNEMENT DU LARYNX

Parts respectives du larynx et des cavités sus-glottiques dans la genèse du timbre des voyelles chantées. — Les parts respectives du larynx et des cavités sus-glottiques dans la genèse du timbre des voyelles chantées sont mises en évidence par les deux faits expérimentaux suivants :

1° *Expérience de W. Berger (Münster-i-W., 1932).* — Sur un sujet auquel on avait extirpé chirurgicalement le larynx en totalité, W. Berger remplace le bloc laryngé par le haut-parleur d'un appareil électrique appelé *otoaudion*, donnant un son de fréquence variable mais *rigoureusement simple* (c'est-à-dire dépourvu d'harmoniques). Il constate que, lorsque le sujet dispose sa cavité pharyngo-buccale pour émettre une voyelle quelconque, *c'est toujours le même son simple qui sort par la bouche*, simplement plus ou moins diminué en intensité.

Conclusion : Les cavités sus-glottiques ne peuvent créer d'harmoniques lorsque ceux-ci n'existent pas dans le son laryngé initial. Ce dernier doit être suffisamment complexe pour permettre l'apparition d'un timbre vocalique à la sortie de la bouche.

2° *Observations de Brünings (1938), Portmann et collab. (1955), Beckmann (1956).* — Ces chirurgiens O.-R.-L. ont, dans des circonstances variées, disposé de sujets présentant une ouverture béante dans le bas-pharynx, immédiatement au-dessus du cartilage thyroïde, permettant de voir directement les cordes vocales pendant la phonation du sujet. Dans chaque cas, le son laryngien se propageait directement dans l'atmosphère sans passer par le pharynx et la bouche. Ils ont uniformément constaté ce qui suit : *a)* Le son ainsi émis n'a *aucune couleur vocalique* ; il est décoloré et un peu rugueux ; *b)* Lorsque le sujet fait des efforts en vue d'émettre les différentes voyelles, c'est toujours *le même son* qui sort ; *c)* Lorsque le sujet monte un arpège (cas du malade de Portmann), c'est toujours le même timbre qui est formé sur les différentes hauteurs tonales.

Conclusion : La larynx produit un son initial *très complexe*, le même pour toutes les voyelles (en écartant une éventuelle réaction du pavillon), et c'est en traversant le pavillon pharyngo-buccal de la glotte aux lèvres que le son initial *se modifie en timbre* pour acquérir la couleur vocalique qu'il possède à la sortie de la bouche.

Fonctionnement acoustique du pavillon pharyngo-buccal dans le chant aux basses-fréquences et aux faibles intensités. — Nous nous limiterons, pour simplifier, aux voyelles non nasalisées. Le cas des grandes intensités sera examiné plus loin. Bornons-nous d'abord au cas des basses fréquences, c'est-à-dire inférieures au « passage » du *mi* 3 (326 Hz).

Les études expérimentales réalisées à la Sorbonne depuis 1956 ont conduit à reconnaître au pavillon pharyngo-buccal les quatre rôles suivants :

1° *Un rôle absorbant.* — Les expériences de Grémy (1959), puis de Pimonow, Pouteaux et Husson (1960), ont montré que, au sein des cavités sus-glottiques, les absorptions d'énergie vibratoire étaient énormes. De la glotte aux lèvres, elles atteignent en gros : 10 dB aux intensités conversationnelles ; 15 à 20 dB dans le chant à moyenne puissance ; 25 à 30 dB dans le chant à grande puissance. Lorsque la bouche est fermée, le transit larynx-narines absorbe de 35 à 40 dB. Ces absorptions sont dues, en premier lieu aux *parois* (anfractueuses et molles), et en second lieu aux *turbulences* (viscosité turbulente).

2° *Un rôle impédantiel.* — Nous avons vu que ces cavités ramenaient sur le larynx, pendant la phonation, une impédance élevée, d'ailleurs variable avec leur configuration instantanée, et que cette *impédance ramenée* exerçait un rôle protecteur efficace sur les fins mécanismes neuro-musculaires glottiques. On montre aussi que l'intensité maxima réalisable à chaque instant par un sujet donné croît avec la valeur de cette impédance ramenée.

3° *Un rôle de récepteur intéro et proprioceptif.* — Nous verrons plus loin (chap. VI) que les *sensibilités internes* nées des parois du pavillon, pendant la phonation, exercent d'importants effets : elles élèvent par voie réflexe le tonus de la musculature laryngée, d'une part, et d'autre part affleurent à la conscience du sujet en lui permettant ainsi l'appréciation et le contrôle de sa propre conduite phonatoire.

4° *Un rôle acoustique strict de différenciation des timbres vocaliques.* — *Grosso modo*, on peut dire que la cavité *pharyngée* élève le niveau sonore d'un harmonique voisin de son « son propre » (compris

entre 100 et 1 400 cycles en général selon son volume), et que la cavité *buccale* en fait autant pour un autre harmonique de la fourniture laryngée (compris entre 100 et 2 500 cycles en général selon son volume et selon la grandeur de l'ouverture bucco-labiale). Il en résulte que, au sortir de la bouche, toute voyelle chantée est produite par *deux harmo-*

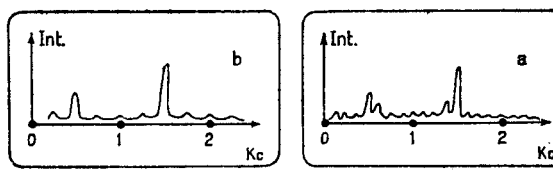

Fig. 16. — *Spectres vocaliques de la voyelle È ouvert sur* ut *2 et* ut *3*
Les « formants » de la voyelle, aux intensités faibles, sont 550 cycles et 1 400 cycles. — Explications dans le texte.

niques prépondérants, qui la caractérisent. La figure 16 *a* donne, à titre d'exemple, le *spectre acoustique* de la voyelle È (ouvert) émise sur 250 cycles (voisin de *ut* 3) ; les harmoniques prépondérants sont le second et le sixième. Emise sur 125 cycles (voisin de *ut* 2), les harmoniques prépondérants sont alors le quatrième et le douzième (fig. 16 *b*).

La figure 17 donne, sur un graphique, les *bandes de fréquences* qui caractérisent chacune des 10 voyelles non nasalisées du chant à faible intensité (moins de 45 dB). Nous verrons plus loin comment l'intensité modifie ces fréquences caractéristiques. Celles-ci sont d'ailleurs différentes en voix *chantée* et en voix *parlée*, en raison de la rapide variation de la forme du pavillon pendant les articulations de la parole.

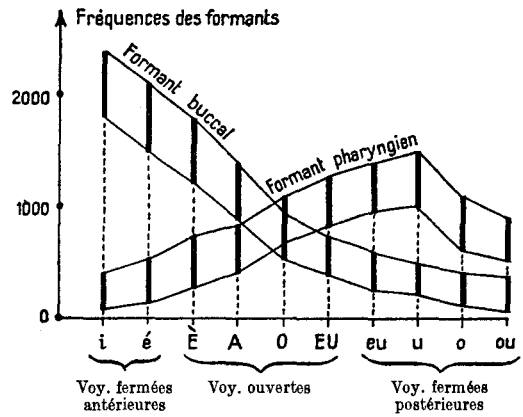

Fig. 17. — *Emplacements des formants vocaliques des 10 principales voyelles chantées aux faibles intensités*
Explications dans le texte

Que se passe-t-il du point de vue de la formation des voyelles lorsque la fréquence du son laryngien initial croît sur toute l'échelle tonale d'un sujet ? — Considérons un ténor qui monte une gamme sur la voyelle È (ouvert), par exemple, en parcourant toute sa tessiture en premier registre, soit de *ut* 2 (129 cycles) à *ut* 4 (517 cycles), et voyons comment, du grave à l'aigu, *va nécessairement se modifier le timbre de la voyelle émise.*

1° De l'*ut* 2 au *mi* 3, le pavillon modifie fort peu sa forme, et la fourniture laryngée se modifie également peu. Dès lors l'harmonique renforcé par le pharynx voit son numéro d'ordre qui diminue sans cesse : sur *ut* 2, c'est la quatrième, et sur *mi* 3, c'est en partie le premier et le second. Même phénomène pour la cavité buccale, qui renforce le douzième sur *ut* 2, et le quatrième sur *mi* 3. En conséquence

le son émis doit devenir *plus volumineux* et *plus sombre.*

2° Du *mi* 3 au *fa* 3, le sujet exécute la *couverture du son.* La fourniture laryngée se modifie par un accroissement de l'intensité des 5 ou 6 premiers harmoniques, et par ailleurs le volume du pharynx s'accroît énormément, tandis que celui de la bouche diminue un peu. En conséquence, la pharynx se met à renforcer le fondamental, tandis que la bouche s'accorde sur le cinquième harmonique (environ) de *fa* 3. En conséquence, la voyelle devient *fermée,* et voisine de é ou de eu.

3° Du *fa* 3 à l'*ut* 4, le pavillon ne se modifie plus guère, et la fourniture laryngée varie peu. Comme au 1° ci-dessus, la voyelle va donc encore *se sombrer,* tandis que les harmoniques n^os^ 4, 5 et 6 de la fourniture laryngée, dépassant alors 2 000 cycles, vont donner à la voyelle de l'*éclat* ou même de la *stridence.*

En conséquence de l'analyse qui précède, on voit que, du grave à l'aigu, la voyelle émise doit *modifier son timbre de façon progressive,* cette modification pouvant se résumer comme suit : *a)* Du grave à l'aigu jusqu'au « passage », la voyelle doit devenir *plus volumineuse* et *plus sombre* ; *b)* En franchissant le « passage », la voyelle perd son caractère *ouvert* et devient *fermée* ; *c)* Du « passage » jusqu'au sommet de la tessiture, la voyelle doit encore *se sombrer,* tout en recevant un supplément progressif d'*éclat* (voir le chap. V pour la signification précise des qualités acoustiques appelées : volume, clarté, épaisseur, éclat, stridence, etc.).

Pour une voix de femme, émise en second registre (entre 250 et 1 000 cycles environ), l'analyse de la modification progressive des timbres des voyelles du grave à l'aigu se ferait de même : elle est un peu *différente* de celle de l'homme en premier registre,

en raison du fait que les fondamentaux laryngés, au-dessus de 600 cycles environ, finissent par être plus aigus que les « sons propres » pharyngés ou buccaux pour certaines voyelles, et que dès lors celles-ci cessent de pouvoir être formées.

Pyramide vocalique générale. — Aux basses fréquences de la voix, les 10 voyelles fondamentales se classent en formant un *triangle* bien connu (donné par Hellwag en 1781). A mesure que le fondamental laryngien s'élève, le nombre de voyelles susceptibles d'être formées *se restreint* en franchissant certaines

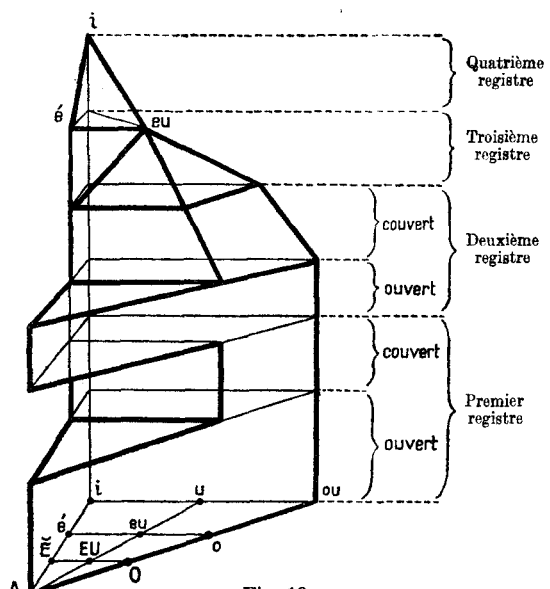

Fig. 18

Pyramide vocalique générale de la voix humaine chantée (1951)
Explications dans le texte

fréquences. Le volume formé par la superposition de ces triangles, ou de ce qu'il en reste, forme un solide vaguement pyramidal, auquel nous avons donné le nom de *pyramide vocalique générale* de la voix humaine, représenté par la figure 18.

Cette pyramide offre la représentation graphique *à trois dimensions* des timbres vocaliques susceptibles d'être formés par la voix humaine *en fonction de la fréquence* du son laryngien, ceci aux *faibles intensités* d'émission.

Modifications du fonctionnement acoustique de la cavité pharyngo-buccale dans la phonation résultant d'une élévation progressive de l'intensité de la voix. — Nous venons de voir que le fonctionnement acoustique de la cavité pharyngo-buccale *ne se modifiait aucunement* en parcourant la tessiture d'un sujet sur une voyelle donnée, et que les modifications de timbre observables provenaient uniquement, soit d'une modification de la fourniture laryngée, soit d'un changement banal des numéros d'ordre des harmoniques de cette fourniture se trouvant renforcés.

Lorsqu'on étudie comment se modifie le timbre d'une voyelle donnée émise sur une *fréquence invariable*, mais à *intensité croissante*, on trouve au contraire que le fonctionnement acoustique de la cavité pharyngo-buccale *varie énormément*, alors que celui du larynx varie relativement peu. Voici, résumées, les modifications observables dans ces deux fonctionnements lorsque le sujet émet la même voyelle, sur la même hauteur tonale, du *pianissimo* (30 dB) au *fortissimo* (130 dB pour certains sujets) :

1° La *fourniture laryngée* ne change pas de nature (elle reste formée d'une suite d'harmoniques dont

toutes les intensités sont quasi égales), mais elle *s'allonge* vers les fréquences élevées. Elle atteint *grosso modo* : 2 000 cycles à 30 dB, 2 500 cycles à 40 dB, 3 000 cycles à 50 dB, 4 000 cycles à 70 dB, 5 000 cycles à 90 dB, 6 000 cycles à 110 dB, 7 000 cycles (et plus) à 130 dB ;

2° Les *absorptions* observées au sein du pavillon *croissent* rapidement ;

3° Les « clochers » du spectre vocalique croissent *en hauteur*, mais également *en largeur*, et aussi *en nombre* (par l'apparition de *formants* intermédiaires). Ce qui fait que le timbre de la voyelle *s'épaissit* ;

4° A partir de 80 dB (environ), les formants vocaliques *se déplacent vers l'aigu* de plus en plus (bien que la forme du pavillon demeure invariable). Ce qui tend à *éclaircir* le timbre vocalique ;

5° A partir de 100 dB apparaissent des *distorsions de fréquence*, c'est-à-dire que chaque harmonique intense donne naissance à ses propres harmoniques au dépens de sa propre intensité. Cela occasionne un enrichissement de la partie aiguë des spectres vocaliques (au détriment de la partie grave) qui donne un *éclat* supplémentaire au timbre de la voyelle ;

6° Enfin deux « clochers » importants apparaissent dans tous les spectres dans les bandes 2 600-3 000 et 3 500-4 200, clochers qui sont *à peu près les mêmes en fréquences pour toutes les voyelles* (formants dits « invariables »), alors que les formants inférieurs à 2 500 cycles varient au contraire avec chaque voyelle. Ce curieux phénomène provient de ce que le pavillon pharyngo-buccal admet, comme tout pavillon, une *fréquence de coupure* et que le pavillon n'exerce de *distorsions d'amplitude* sensibles que sur les harmoniques laryngiens inférieurs à cette fréquence de coupure (nous retrouverons ce phénomène plus loin).

Modifications qui en résultent pour le timbre d'une même voyelle du « pianissimo » au « fortissimo ». — Il résulte de ce qui précède qu'une voyelle donnée (quelconque), émise sur une même hauteur tonale à une *intensité croissante*, modifie son timbre de

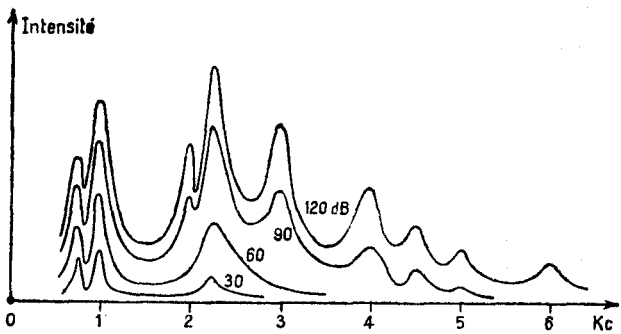

Fig. 19. — *Spectres vocaliques de la voyelle O ouvert chantée à différentes intensités*

Pour rendre la figure plus claire, chaque spectre a été remplacé par son « enveloppe ». Les clochers spectraux qui donnent la vocalité, au nombre de deux, sont toujours voisins de 1 000 cycles. Tous les autres sont des formants « extra-vocaliques » et ne contribuent qu'à augmenter l'éclat de la voix. On notera l'accroissement rapide et énorme de ces derniers à mesure que l'intensité croît. — Sujet : M. Georges Vaillant, de l'Opéra de Paris.

façon progressive et considérable. D'une façon plus précise, son timbre : *a)* s'*épaissit* ; *b)* tend à s'*éclaircir* ; *c)* acquiert du *volume* ; *d)* acquiert de l'*éclat* et même de la *stridence*. La figure 19 montre comment le spectre de la voyelle O (ouvert), émise sur *ré* 3 (290 cycles) par M. Georges Vaillant, de l'Opéra de Paris, se modifie en passant de 30 à 120 dB ; et la figure 20 donne la même évolution pour la voyelle é (fermé), émise sur *la* 3 (435 cycles) par M. Guy Chauvet, de l'Opéra de Paris, en passant

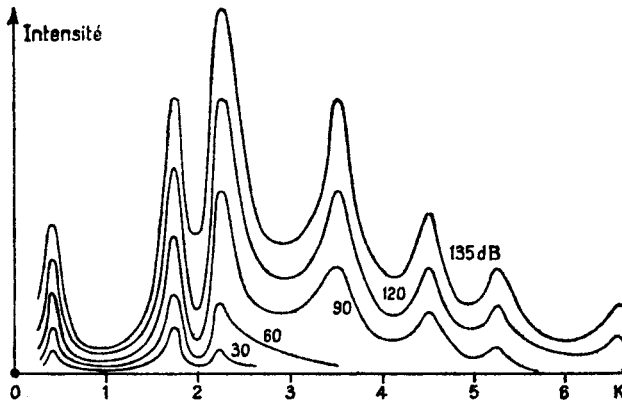

Fig. 20. — *Spectres vocaliques de la voyelle é fermée chantée à différentes intensités*

Pour rendre la figure plus claire, chaque spectre a été remplacé par son « enveloppe ». Les clochers spectraux qui donnent la vocalité, au nombre de deux, sont voisins de 400 et de 1 700 cycles. Tous les autres sont des formants « extra-vocaliques » et ne contribuent qu'à alimenter l'éclat de la voix. On notera l'accroissement rapide et énorme de ces derniers à mesure que l'intensité croît. — Sujet : M. Guy Chauvet, de l'Opéra de Paris.

de 30 à 135 dB. L'enrichissement de la partie aiguë des spectres vocaliques est extraordinaire.

Réduction des timbres vocaliques différenciables en conséquence de l'élévation de l'intensité de la voix. — Lorsque l'intensité de l'émission atteint 110 dB (à un mètre de la bouche), l'évolution des timbres vocaliques analysée ci-dessus provoque les rapprochements (ou fusions) qui suivent : *a)* A et O tendent à fusionner ; *b)* È et EU également ; *c)* é se rapproche de i ; *d)* u se rapproche de eu ; *e)* o et ou se distinguent difficilement.

Lorsque l'intensité de l'émission approche de

130 dB, il ne reste plus que *trois* timbres vocaliques différenciables : 1° Un timbre *ouvert éclatant*, vers lequel, tendent A, O, È et EU ; 2° Un timbre *fermé strident*, vers lequel tendent i et é ; 3° Un timbre *fermé épais*, vers lequel tendent eu, u, o et ou.

Conséquence relative au chant à grande puissance. — Le chant théâtral — qui peut être défini par l'exigence qu'il entraîne de réalisations d'*effets de puissance dans l'aigu de chaque registre* — comporte donc, pour des raisons physiologiques et acoustiques strictes, une réduction progressive des timbres vocaliques, soit en fonction de la fréquence (chap. I^er^), soit en fonction de l'intensité (chap. II). Ce n'est pratiquement qu'aux basses fréquences (inférieures à 270 cycles) et aux intensités faibles et moyennes (inférieures à 90 dB) que les 10 vocalités fondamentales pourront être nettement différenciées.

Nous allons voir au surplus que la réalisation de tel ou tel timbre n'est pas équivalente du point de vue du *travail laryngé* qu'elle exige, ce qui achèvera de préciser les relations étroites et complexes qui existent entre le fonctionnement phonatoire du larynx et celui des cavités qui lui font suite.

Le timbre de la voyelle commande l'impédance ramenée sur le larynx. — Nous avons vu que le *timbre vocalique* d'une voyelle chantée, c'est-à-dire le timbre qui assure sa *spécification* parmi les 14 voyelles-types, dépend *exclusivement* de la configuration prise par le pavillon pharyngo-buccal au moment où la fourniture laryngée le traverse (la traversée dure environ un demi-millième de seconde). C'est en effet cette configuration qui commande la hauteur des « sons propres » pharyngien et buccal,

et ceux-ci fixent les numéros d'ordre des harmoniques renforcés.

Mais nous avons vu également que la configuration du pavillon pharyngo-buccal déterminait la valeur de l'*impédance* que ledit pavillon *ramenait* à chaque instant sur le larynx.

Il s'ensuit que le timbre d'une voyelle, d'une part, et l'impédance ramenée sur le larynx, d'autre part, sont *fonctionnellement liés*, puisque tous deux commandés par le même facteur, qui est la configuration instantanée du pavillon.

Il revient au même de dire que c'est, à chaque instant, le timbre de la voyelle émise qui commande l'impédance ramenée sur le larynx, second mécanisme protecteur des cordes vocales pendant la phonation.

Classification des voyelles en fonction de l'impédance ramenée sur le larynx. — La figure 21 donne la classification triangulaire des voyelles chantées établie il y a près de deux siècles par Hellwag (1781). Rappelons cependant, comme nous l'avons vu, qu'elle n'est valable que dans la première partie (partie « ouverte ») de chacun des deux premiers registres, et, au surplus qu'elle suppose l'intensité de la voix inférieure *grosso modo* à une centaine de décibels.

Ceci rappelé, l'intérêt de la classification triangulaire de Hellwag tient notamment à ce que, sur ce tableau, l'impédance ramenée sur le larynx par chaque voyelle *croît de haut en bas*, et, sur chaque ligne horizontale, *croît de droite à gauche.*

Les voyelles s'ordonnent donc, en fonction de l'impédance ramenée *croissante*, selon la suite : A, È, EU, O, é, eu, o, i, u, ou.

Comme la nasalisation d'une voyelle accroît l'im-

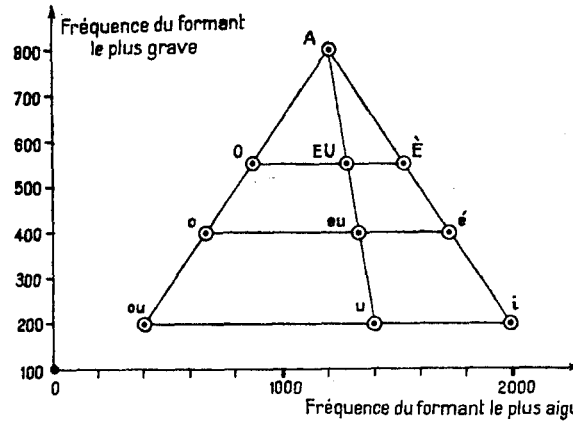

Fig. 21. — *Triangle vocal de Hellwag (1781)*

Célèbre classification triangulaire fondamentale des 10 vocalités principales, qui reproduit *grosso modo* l'emplacement des 10 vocalités sur un graphique à deux dimensions où les formants les plus graves figurent en ordonnées et où les formants les plus aigus ont été portés en abscisses. — Rapprocher des figures 17 et 18.

pédance ramenée dans une énorme proportion, les quatre voyelles nasalisées sont à ajouter au bout de cette suite, dans l'ordre : AN, IN, UN, ON.

Effets d'une impédance ramenée croissante réalisée par un changement de voyelle sur le comportement phonatoire de la glotte. — Nous avons vu comment le comportement de la glotte se modifiait, dans le cas général, sous l'effet d'une impédance ramenée croissante. Cette modification est *si importante* que nous croyons devoir y revenir et en préciser le détail lorsque le sujet la réalise par un simple changement de voyelle. La figure 22 donne les *glottogrammes* des voyelles obtenus à l'aide de l'appareil de Philippe Fabre (voir chap. I[er]), tandis

que, sur la droite de la figure, sont reproduits les accolements glottiques correspondants obtenus par la *tomographie* par le Dr Albert Djian sur les plus belles voix de la réunion des Théâtres lyriques

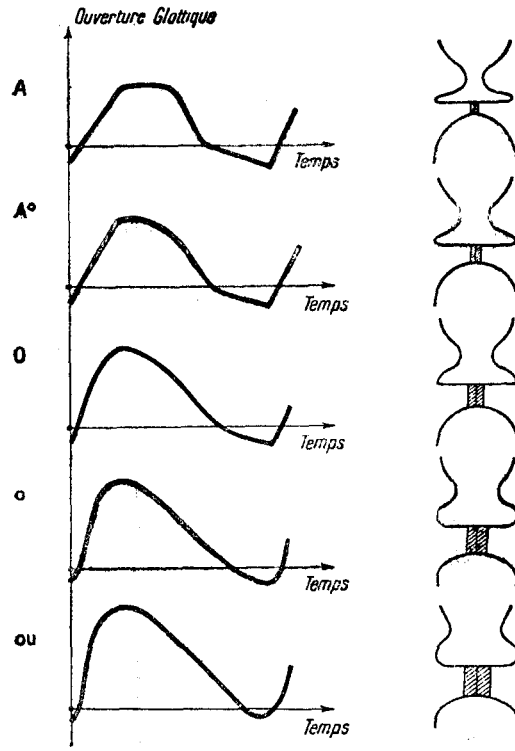

Fig. 22. — *Modifications comparées des glottogrammes et des tomogrammes donnés par un même sujet qui émet une succession de voyelles ramenant sur le larynx une impédance ramenée progressivement croissante* (toutes choses égales d'ailleurs). — Explications dans le texte. Comparer à la figure 15.

nationaux (de 1951 à 1957). Chaque sujet étudié a émis la suite vocalique, à impédance ramenée croissante : A (clair), A° (sombre), O (ouvert), o (fermé), ou.

Les effets suivants sont remarquablement mis en évidence : *a)* Facilitation des phases d'écartement glottiques ; *b)* Agrandissement des ouvertures ; *c)* Diminution des phases de contact ; *d)* Epaississement (léger) des cordes vocales ; *e)* Décontraction progressive de la glotte.

Liens étroits des répercussions glottiques du timbre des voyelles avec la réalisation des mécanismes protecteurs des cordes vocales précédemment décrits. — 1° *Liens avec la couverture des sons ouverts.* — Reprenons l'exemple du ténor qui monte une gamme sur la voyelle ouverte A depuis *ut* 2 jusqu'au « passage » du *mi* 3. S'il *sombre* la voyelle sur *ut* 3, *ré* 3, la décontraction laryngée qui s'ensuit provoque une diminution *légère* d'excitabilité des cordes vocales qui *facilite* l'exécution de la couverture des sons (et parfois la provoque un demi-ton plus tôt). Si au contraire le sujet *blanchit* ou *éclaircit* la voyelle sur *ut* 3, *ré* 3, la contraction laryngée qui en résulte élève *un peu* l'excitabilité des cordes vocales, ce qui diminue l'urgence de l'exécution de la couverture des sons : celle-ci est rendue *plus difficile* et se trouve *reculée* de un demi-ton ou de un ton, et parfois plus (on dit alors que le sujet a « ouvert son passage »).

Ainsi donc, l'*assombrissement* du timbre, un peu avant le « passage », en *facilite* l'exécution (observation faite par certains chanteurs depuis un siècle et demi).

2° *Liens avec la protection des cordes vocales dans l'aigu de chaque registre.* — Nous avons vu qu'une

impédance ramenée suffisante, dans la partie aiguë de chaque registre, facilitait la réalisation des ouvertures glottiques sur des rythmes rapides, diminuant notamment le risque de formation de nodule. Toutefois, cet accroissement de l'impédance ramenée ne doit pas être tel qu'il provoque une chute de l'excitabilité des cordes vocales.

Réalisé dans des limites raisonnables, l'assombrissement *léger* des timbres vocaliques dans l'aigu est un mécanisme *facilitateur* de l'émission de la voix et *protecteur* des cordes vocales.

DEUXIÈME PARTIE

LES DIFFÉRENTES TESSITURES CHANTÉES

CHAPITRE IV

LA CLASSIFICATION DES VOIX CHANTÉES EN TESSITURES

Les types classiques de tessiture de l'écriture musicale traditionnelle. — On appelle *tessiture* (de *tessitura* : trame) d'un sujet la partie de son *étendue vocale totale* qu'il émet avec le maximum de facilité.

On appelle *classification des voix* le tableau synoptique de toutes les tessitures masculines et féminines connues.

Avant que la *classification physiologique* des voix n'ait été établie en 1953 (voir plus loin), l'écriture musicale lyrique traditionnelle avait admis une classification empirique simpliste, progressivement retouchée, fixée à peu près comme suit :

1° On avait d'abord séparé, pour chaque sexe, des voix *graves* et des voix *aiguës ;*

2° La nécessité d'une classe intermédiaire apparut bien vite pour chaque sexe, et, dès le milieu du XVIII^e^ siècle, les compositeurs écrivaient : pour *basses*, *barytons* et *ténors* en ce qui concerne les

tessitures masculines ; et pour *altos*, *mezzos* et *sopranos* en ce qui a trait aux tessitures féminines. Les *mezzos* furent vite séparées en *mezzos-contraltos* et *mezzos-sopranos*.

3° Cette classification en sept rubriques s'avéra insuffisante pour les besoins de l'Art lyrique, et, dans chaque rubrique, des sous-classements divers apparurent dès le début du XIXe siècle. C'est ainsi qu'on parla de : ténors *graves*, *aigus*, *légers*, etc. ; de barytons *graves*, *aigus*, *légers*, etc. ; de basses *profondes*, *chantantes*, etc. ; de sopranos *dramatiques*, *lyriques*, *légers*, etc. Des distinctions de *timbre* et de *couleur de voix* se mélangeaient déjà à des critères d'*étendues tonales*.

4° A partir du milieu du XIXe siècle, il s'y superposa encore des distinctions de *puissance* (telles que : barytons d'Opérette, d'Opéra-Comique, d'Opéra, de Grand-Opéra) ; des distinctions d'*emploi* (telles que : baryton *Verdi*, ténor *wagnérien*, basse *bouffe*, sopranos dites *Falcon* ou *Dugazon*, etc.) ; et même des qualifications de pure fantaisie (telles que soprano *assoluto* et *colorature*, etc.), qui portèrent à son comble l'incroyable désordre terminologique dans lequel l'Art lyrique se débat depuis un demi-siècle.

Dans les lignes qui suivent, nous substituerons à ce chaos les données raisonnables tirées de la physiologie phonatoire. Celle-ci révèle : d'abord l'existence d'une classification *tessiturale* ; puis, dans chaque tessiture, l'existence d'une sous-classification en fonction de l'*intensité* ; et enfin, dans chaque sous-classe d'intensité, l'existence de distinctions de *timbre*.

Facteur physiologique unique déterminant les caractéristiques tonales d'un registre quelconque pour un sujet donné. — Nous avons vu au chapitre Ier que la limite supérieure d'un registre quelconque,

pour un sujet donné, ne dépend que d'*un seul et unique facteur physiologique* : la durée P (en millisecondes) de la phase réfractaire pratique de son nerf récurrent. Cette durée P dépend de l'*excitabilité* du nerf, et cette excitabilité se mesure (depuis Louis Lapicque, 1926) par la *chronaxie*. On peut dire que la *chronaxie d'un axone* est le *temps* mis par l'influx nerveux pour se propager de *un centimètre* le long de l'axone : c'est une fraction de millième de seconde. Plus un nerf est *rapide*, et plus sa chronaxie est *petite* et inversement. Louis Lapicque a montré que, pour un nerf quelconque, la durée de sa phase réfractaire pratique était environ de 20 chronaxies ; c'est-à-dire que l'on a :

$$P = 20\ C \text{ (millisecondes).}$$

Ceci posé, les études faites ont montré que, pour un sujet quelconque, la fréquence minima, la fréquence de couverture des sons, et la fréquence maxima, en *premier registre*, étaient données par les formules :

$$N\text{ (min.)} = \frac{1\,000}{120\ C}\ ;\quad N\text{ (pass.)} = \frac{1\,000}{33\ C}\ ;\quad N\text{ (max.)} = \frac{1\,000}{20\ C}$$

En second registre, les mêmes fréquences sont données par les formules :

$$N\text{ (min.)} = \frac{2 \times 1\,000}{120\ C}\ ;\quad N\text{ (pass.)} = \frac{2 \times 1\,000}{33\ C}$$

$$N\text{ (max.)} = \frac{2 \times 1\,000}{33\ C}$$

En troisième et quatrième registres, les fréquences maximas, seules intéressantes, sont données par les formules :

$$N\text{ (max. 3}^{e}\text{ reg.)} = \frac{3 \times 1\,000}{20\ C}\ ;\quad N\text{ (max. 4}^{e}\text{ reg.)} = \frac{4 \times 1\,000}{20\ C}$$

Principales tessitures masculines et féminines. — Les formules précédentes permettent de calculer tous les éléments d'une tessiture lorsque la *chronaxie récurrentielle* du sujet est connue (nous verrons plus loin comment on la mesure sur chaque sujet). Voici quelques exemples pratiques de tels calculs.

1° *Tessitures masculines (en premier registre).* — Pour un baryton central (courant), on a : C = 0,100, ce qui donne :

$$N\,(\text{min.}) = \frac{1\,000}{120 \times 0{,}100} = 83\,(fa\ 1)$$

$$N\,(\text{pass.}) = \frac{1\,000}{33 \times 0{,}100} = 303\,(mi\flat\ 3)\,;\quad N\,(\text{max.}) = si\ 3$$

Pour un ténor grave (courant), on a : C = 0,080, ce qui donne :

$$N\,(\text{min.}) = si\flat\ 1\,;\quad N\,(\text{pass.}) = mi\ 3\,;\quad N\,(\text{max.}) = ut\sharp\ 4$$

Pour une basse chantante grave (courant), on a : C = 0,130, ce qui donne :

$$N\,(\text{min.}) = mi\flat\ 1\,;\quad N\,(\text{pass.}) = ré\ 3\,;\quad N\,(\text{max.}) = sol\ 3$$

2° *Tessitures féminines (en second registre).* — Les chronaxies récurrentielles utilisées ci-dessus (0,080 ; 0,100 ; 0,130) correspondent en second registre aux voix de : soprano grave (courant), mezzo-soprano grave (courant), mezzo-contralto grave (courant). Les fréquences correspondantes sont alors à l'octave aiguë exacte des précédentes.

3° *Remarque.* — Une tradition *déplorable* fait que les voix graves de femme (et même parfois certaines sopranos !) utilisent souvent, dans la partie inférieure de leur voix, leur premier registre. Dans ces conditions, elles descendent évidemment en premier registre beaucoup plus bas que la limite grave de leur second registre. Une telle pratique fatigue beaucoup la musculature laryngée (pour tous détails à

ce sujet, le lecteur pourra se reporter aux ouvrages signalés plus haut).

Tableau général donnant la classification physiologique des tessitures chantées des deux sexes en fonction de l'excitabilité récurrentielle (Raoul Husson et Christian Chenay, 1953). — Comme les fréquences caractéristiques de chaque registre dépendent exclusivement de la *chronaxie du nerf récurrent*, il était facile de dresser le tableau des tessitures correspondant aux différentes valeurs de celles-ci. Ce tableau fut comparé aux tessitures réelles de plus de 150 chanteurs et chanteuses professionnels,

Classification physiologique des tessitures chantées en fonction de la chronaxie mesurée du nerf récurrent

Voix masculines	Valeurs de la chronaxie en millisecondes	Voix féminines
	0,055	Soprano ultra-aigu.
	0,060	Soprano ultra-aigu.
Ténor suraigu	0,065	Soprano suraigu.
Ténor aigu	0,070	Soprano aigu.
Ténor central	0,075	Soprano central.
Ténor grave	0,080	Soprano grave,
Voix intermédiaire ..	0,085	*Voix intermédiaire.*
Voix intermédiaire ..	0,090	Mezzo-soprano aigu.
Baryton aigu	0,095	Mezzo-soprano central.
Baryton central	0,100	Mezzo-soprano grave.
Baryton grave	0,105	*Voix intermédiaire.*
Voix intermédiaire ..	0,110	Mezzo-contralto aigu.
Voix intermédiaire ..	0,115	Mezzo-contralto central.
Basse chantante aiguë	0,120	Mezzo-contralto grave.
Basse chantante grave	0,130	*Voix intermédiaire.*
Basse centrale	0,140	*Voix intermédiaire.*
Basse centrale	0,150	Contralto.
Basse profonde	0,160	Contralto.
Basse profonde	0,170	Contralto.

comprenant nombre de pensionnaires de l'Opéra et de l'Opéra-Comique de Paris, en 1952 et 1953, par le Dr Christian Chenay et nous-même. Cette comparaison aboutit à dresser la *classification tessiturale* ci-dessus, dans laquelle les dénominations de l'écriture musicale lyrique traditionnelle sont rapprochées des valeurs correspondantes de la *chronaxie récurrentielle.*

Remarques importantes concernant la classification physiologique des tessitures chantées rapprochée de la terminologie habituelle issue de la tradition lyrique. — Le tableau de classification précédent, qui est une pure *donnée expérimentale* (au sens le plus strict), est riche en enseignements d'une grande portée pratique :

1° Il apparaît d'abord que la classification tessiturale des voix chantées ne dépend en rien de la *puissance* et du *timbre* de la voix. Ceci ne doit pas étonner, puisque la tessiture ne dépend que de l'excitabilité du nerf récurrent, alors que l'intensité et le timbre en sont totalement indépendants.

2° En second lieu, il apparaît que la classification offerte par la nature est *continue*, et n'est nullement formée de *types* séparés. Toutes les valeurs de chronaxie récurrentielle ont été trouvées, et avec des fréquences quasi identiques (sauf pour les valeurs extrêmes). Les catégories traditionnelles ne désignent donc que des *repères terminologiques*, et nullement des biotypes (qui n'existent pas).

3° En troisième lieu, si un homme et une femme ont même chronaxie récurrentielle, leurs tessitures sont exactement décalées d'une octave, puisque le premier utilise son premier registre alors que la seconde chante en second registre.

4° Enfin, un fait extrêmement important appa-

raît : il existe des voix de tessitures *intermédiaires*, c'est-à-dire *intermédiaires entre les catégories tonales utilisées par la composition lyrique traditionnelle.* C'est là un fait nouveau, et il est si important que nous croyons devoir nous y arrêter un instant.

Les trois principaux types de voix « intermédiaires ». — Le tableau précédant, établissant la correspondance entre les types vocaux traditionnels et la valeur de la chronaxie récurrentielle, fait apparaître *cinq* types de voix intermédiaires, deux pour l'homme et trois pour la femme. Mais leurs importances pratiques respectives sont très inégales.

L'expérience montre que les rôles du répertoire écrits pour *voix graves de femme* sont chantés sans difficulté par tous les sujets dont les chronaxies récurrentielles vont de 0,120 à 0,170. Les voix intermédiaires incluses dans cet intervalle ne sont nullement désavantagées, et ceci provient du fait que les rôles en question répondent eux-mêmes en général à une écriture tonale de caractère intermédiaire.

Il en est de même des rôles du répertoire écrits pour *voix moyennes de femme.* Ils sont chantés sans difficulté par tous les sujets dont les chronaxies récurrentielles vont de 0,090 à 0,120, car leur écriture tonale est elle-même en général du type intermédiaire.

Mais il n'en est plus de même des femmes dont la chronaxie récurrentielle va de 0,080 à 0,090 : pour elles, les rôles de sopranos du répertoire sont trop aigus, alors que les rôles de mezzos-sopranos sont trop graves. Chez les hommes, le même phénomène apparaît pour les sujets à voix aiguë dont la chronaxie récurrentielle s'étage entre 0,080 et 0,095, ainsi que pour ceux à voix grave dont la chronaxie récurrentielle se situe entre 0,105 et 0,120.

Nous devons examiner séparément ces trois catégories de voix dont la nature *intermédiaire* est une source perpétuelle de difficultés pédagogiques et professionnelles irrémédiables.

Voix intermédiaires féminines dont la chronaxie récurrentielle est comprise entre 0,080 et 0,090. — Ces voix ne peuvent *tenir* la tessiture de soprano grave sans fatigue (rôle de la Tosca, 1er acte ; rôle d'Elsa dans *Lohengrin*). Elles se fatiguent dans la tessiture de mezzo-soprano aigu (rôle de Charlotte dans *Werther* ; rôle d'Ortrud dans *Lohengrin*).

Elles sont classées soprano par les uns et mezzo par les autres. Si la voix est suffisamment volumineuse, elles s'essayent dans *Santuzza* de Cavalleria Rusticana pour retomber sur Brunehilde de *La Walkyrie*, et même sur Carmen, et *se fatiguer dans tous les rôles*. Si la voix est de faible intensité, certains seconds emplois (dits de Dugazon) peuvent leur convenir. La sagesse leur suggérera de faire du concert, où les transpositions largement tolérées leur permettront d'ajuster les tessitures écrites à leur propre tessiture.

Voix intermédiaires masculines dont la chronaxie récurrentielle est comprise entre 0,080 et 0,095. — Ces voix ne peuvent *tenir* la tessiture de ténor grave sans fatigue (rôle de Samson dans *Samson et Dalila* ; rôle de Siegmund dans *La Walkyrie*). Elles sont impuissantes cependant à chanter les rôles de barytons aigus écrits par Verdi ou par Rossini (rôle du comte dans *Le Trouvère* ; rôle de Figaro dans *Le Barbier de Séville*).

Ces sujets sont classés ténors par les uns et barytons par les autres, et évoluent sans fin d'un professeur à l'autre. Au théâtre, si leur voix est

suffisamment puissante, ils s'essayent dans Samson pour retomber sur Figaro, et se *fatiguer dans tous les rôles*. Cependant, certains rôles de *baryton d'opérette* pourront leur convenir (*Les Cloches de Corneville*, *Le Pays du Sourire*, etc.), et le concert leur apportera toutes les possibilités offertes par la transposition des œuvres interprétées.

Voix intermédiaires masculines dont la chronaxie récurrentielle est comprise entre 0,105 et 0,120. — Ce sont des voix intermédiaires entre baryton grave et basse chantante aiguë. Elles ne sont nullement dépourvues d'emploi au théâtre lyrique, mais la méconnaissance de leur existence et de leurs véritables possibilités fait qu'elles sont parfois *mal employées*.

Ces sujets ne peuvent *tenir* la tessiture de baryton (tels que Rigoletto, ou Hérode dans *Hérodiade*). Et de nombreux rôles de basse (tels que Pimenn dans *Boris Godounov*, le Roi dans *Lohengrin*, le Roi dans *Aïda*), exigeant la réalisation d'*effets* dans le bas médium ou le grave, ne leur conviennent point.

Cependant, il faut savoir que ces voix intermédiaires conviennent particulièrement aux écritures vocales (elles-mêmes « intermédiaires ») de certains rôles, tels que : le Hollandais dans *Le Vaisseau fantôme*, Athanaël dans *Thaïs*, Scarpia dans *La Tosca*, le Grand Prêtre de Dagon dans *Samson et Dalila*, et Nilakantha dans *Lakmé*. Dans ces rôles, les barytons graves pourront manquer de volume dans le médium, et nombre de basses manqueront de facilité dans l'aigu.

Ce type de voix intermédiaire n'est donc nullement déshérité comme les deux précédents, mais son existence et sa nature particulière doivent être connues en vue de lui réserver son meilleur emploi.

Définition du classement d'une voix chantée en tessiture. — On appelle *classement* d'une voix chantée en tessiture la désignation de la catégorie à laquelle elle appartient dans le tableau de classification donné précédemment. Ce terme désigne aussi les opérations expérimentales par lesquelles on parvient à définir cette catégorie pour un sujet donné. Il en résulte que *classification* et *classement* ne sont nullement synonymes, et ne doivent pas être employés l'un pour l'autre comme il est fait trop couramment.

D'après ce que nous avons vu précédemment, le *classement* d'une voix déterminée s'obtient en effectuant la mesure de la *chronaxie* du nerf récurrent du sujet considéré. L'appareil servant à cette mesure s'appelle *chronaximètre*, ou encore Table de Bourguignon (du nom du savant français qui fit en 1923 une étude célèbre de toutes les excitabilités nerveuses et musculaires du corps humain).

Méthode de Christian Chenay (1952) pour la mesure indirecte de la chronaxie du nerf récurrent « in vivo » sur un sujet donné. — La mesure de l'excitabilité d'un nerf exige que l'on pose sur lui une électrode stimulatrice. Cette opération est évidemment impraticable *in vivo* sur un nerf récurrent, profondément enfoui dans la gaine vasculaire du cou. Le Dr Christian Chenay se proposa en 1952 de rechercher un moyen indirect d'effectuer cette mesure, de façon commode, sur tout sujet, et établit que la chronaxie du nerf récurrent était rigoureusement égale à celle *de la branche du nerf spinal qui innerve le muscle sterno-cléido-mastoïdien.* Ce muscle étant d'un accès facile, directement sous le derme du cou, la mesure correspondante s'effectue aisément et avec une grande précision. Effectuée à

droite et à gauche, elle donne séparément l'excitabilité du nerf récurrent droit et du nerf récurrent gauche, c'est-à-dire de la corde vocale droite et de la corde vocale gauche. Pour tous détails sur cette mesure, nous ne pouvons que renvoyer aux deux ouvrages cités.

Remarque. — Dans des expériences audacieuses effectuées en 1958, le Pr J. B. de Quiros et le Dr Ed.-J. Garde ont mesuré directement, par voie buccale, l'excitabilité d'une corde vocale, et vérifié qu'elle était bien égale à celle du sterno-cléido-mastoïdien homolatéral.

Valeur plus pronostique que diagnostique de la chronaxie récurrentielle du point de vue de son application à la détermination des tessitures. — 1° D'après Bourguignon, l'excitabilité de tous les groupes musculaires du corps humain se stabilise à sa valeur définitive dès l'âge de *quatre ans* environ, et par la suite ne varie plus au cours de la croissance du sujet. Au cours de la *mue* du sujet, qui peut durer plusieurs mois, la chronaxie récurrentielle présente des variations anarchiques et est souvent augmentée ; mais, dès que la mue (supposée *normale*) est terminée, elle reprend sa valeur antérieure, qu'il est loisible de considérer comme une *caractéristique constitutionnelle* du sujet.

2° Nous avons constaté également que *les enfants des deux sexes, avant la mue*, présentaient des chronaxies récurrentielles se répartissant dans toute l'échelle des valeurs trouvées sur des adultes.

3° Cependant, de nombreuses *voix incultes* n'atteignent pas les limites aiguës correspondant aux chronaxies récurrentielles mesurées : c'est que leur sphincter laryngien est *insuffisamment développé*. Un entraînement vocal, *lorsqu'il est bien conduit*,

améliore progressivement les performances de fréquence du sujet, et, en quelques années, lui donne la tessiture complète correspondant à son excitabilité récurrentielle constitutionnelle. C'est dans ce sens que l'on peut dire que la chronaxie récurrentielle présente une *valeur pronostique* pour une voix inculte, et une *valeur diagnostique* pour une voix cultivée.

Variations de la chronaxie récurrentielle constitutionnelle d'un sujet en fonction de certains facteurs physiologiques. — 1° Il a été établi que la chronaxie récurrentielle constitutionnelle d'un sujet ne variait qu'en fonction d'un *très petit nombre* de facteurs physiologiques ; la plupart sont *sans aucun effet* sur elle. Elle ne varie aucunement, notamment, sous l'effet : *a)* De l'*âge* ; *b)* De l'*entraînement vocal* lorsqu'il est bien conduit ; *c)* Des *hormones sexuelles* mâles ou femelles ; *d)* Des *hormones cortico-surrénaliennes* ; *e)* De l'*adrénaline* ; *f)* Des *stimulants* ordinaires du cortex cérébral ou de la formation réticulée ; *g)* D'un *catarrhe* local.

2° Seule, l'*hormone thyroïdienne* (thyroxine ou succédanés), administrée en doses répétées (même petites), produit une *diminution* légère (non durable) de l'excitabilité récurrentielle et du tissu musculaire des cordes vocales.

3° Par contre, un facteur provoque l'*augmentation* de la chronaxie récurrentielle avec une très grande rapidité : c'est la *fatigue neuro-musculaire laryngée d'origine phonatoire* (alors que la fatigue générale est sans effet). Ajoutons que, dans ce cas, l'augmentation de la chronaxie atteint d'abord la corde vocale *droite* chez les droitiers, et la *gauche* chez les gauchers, c'est-à-dire la corde vocale *la plus contrôlée* (Ed.-J. Garde).

Chapitre V

AUTRES CLASSIFICATIONS VOCALES ET MESURE DES QUALITÉS D'UNE VOIX CHANTÉE

Enumération limitative des qualités d'une voix chantée. — L'acoustique reconnaît à un son quelconque les qualités suivantes : une *hauteur*, une *intensité* et un *timbre*. On y ajoute parfois : une *durée*.

En ce qui concerne la voix chantée, la terminologie employée est traditionnellement différente :

1° A la notion de hauteur correspond celle de *tessiture* ;

2° L'intensité s'appelle ici *puissance* de la voix ;

3° Enfin la notion de timbre, dans le cas de la voix chantée, se décompose en cinq qualités séparées qui, dans la pratique de l'Art lyrique, sont appelées : le *volume*, l'*épaisseur*, le *mordant*, la *couleur générale* (claire ou sombre), et le *vibrato*.

On y ajoute parfois la *non fatigabilité* (qui correspond un peu à la *durée*) ; mais c'est une qualité physiologique, et non plus acoustique, et dont l'examen sort par conséquent du cadre du présent chapitre.

Mesure de la tessiture. — Lorsqu'un chanteur, en face de son piano, développe des gammes et des arpèges depuis la note la plus grave qu'il peut

émettre jusqu'à la note la plus aiguë qu'il peut atteindre, il *explore* sa tessiture. Mais les notes extrêmes qu'il détermine ainsi dépendent dans une assez large mesure : *a)* du développement de sa musculature laryngée ; *b)* de son entraînement vocal ; *c)* de sa conduite phonatoire (voir chap. VII) ; *d)* de sa constitution endocrinienne ; *e)* de sa fatigue vocale éventuelle momentanée.

La détermination exacte de la *tessiture physiologique* se fait par une mesure de la *chronaxie récurrentielle* droite et gauche, selon la méthode exposée au chapitre IV, qui fixe le classement du sujet au sein du tableau de classification établi au même chapitre.

Mesure de la puissance d'une voix chantée. — Elle est l'*intensité maxima* développée par le sujet sur la voyelle et la fréquence les plus favorables.

Pratiquement, on la mesure à l'aide d'un *microphone* (relié à un voltmètre étalonné en décibels) placé à *un mètre* devant la bouche du sujet chantant debout. Le microphone doit être dans le plan vertical médian du sujet et dans le plan horizontal de sa bouche, le décalage ne devant pas dépasser cinq degrés (en azimut et en site).

Il est commode de faire émettre la voyelle ouverte A au maximum de puissance sur la note la plus élevée que le sujet peut « ouvrir », ou bien la voyelle fermée é au maximum de puissance une tierce mineure au-dessus de la première note que le sujet doit « couvrir » (voir chap. I[er]).

Analyse du timbre d'une voix chantée émise sur une voyelle donnée. Spectre acoustique résultant de l'analyse. — L'analyse du timbre d'une voyelle chantée se fait commodément avec un appareil

électro-acoustique appelé *analyseur de fréquences*, dont le type le plus parfait est actuellement celui construit par l'ingénieur L. Pimonow, qui donne, en trois secondes, séparément tous les harmoniques contenus dans la voyelle chacun avec son intensité respective (pour la description et le fonctionnement

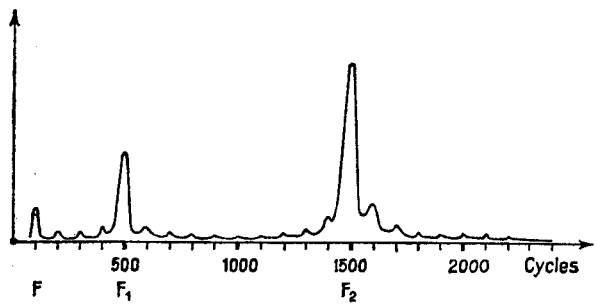

Fig. 23. — *Spectre vocalique de la voyelle È ouvert émise pianissimo sur 100 cycles (voisin de* sol *1) par une voix de basse, et analysée à l'aide de l'analyseur de fréquences AF 12, Système Pimonow n° 103, à filtre dit « baladeur » explorant la gamme 0-4 000 cycles.* — Explications dans le texte.

de l'appareil, voir notre *Physiologie de la phonation*, Masson, Paris, 1962). Si les fréquences sont portées en abscisses, et les intensités en ordonnées (fig. 23), le graphique obtenu porte le nom de *spectre de la voyelle.*

Pour toute voix et toute voyelle, distinction du « timbre vocalique » et du « timbre extra-vocalique ». — Les travaux effectués au laboratoire de physiologie de la Sorbonne depuis 1956 ont révélé que le timbre de toute voyelle émise par l'homme ou la femme était la superposition de *deux timbres* bien nettement différenciés et aisément séparables.

1° *Un timbre « vocalique ».* — Le timbre *vocalique* est celui qui permet de dire qu'un A est différent d'un È, par exemple, tandis que deux timbres pourront se différencier tout en étant représentatifs de la même voyelle A par exemple. C'est donc celui qui préside à la *différenciation des voyelles.*

Il est constitué exclusivement par les harmoniques

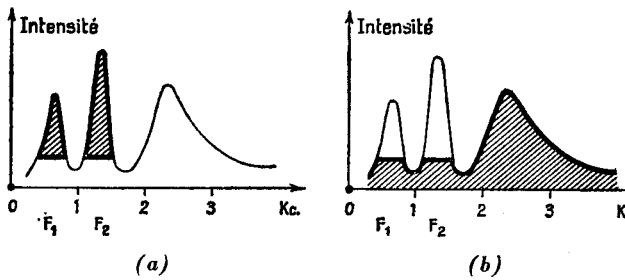

Fig. 24. — *Différenciation du timbre vocalique et du timbre extra-vocalique d'une voyelle donnée (schématique)*
Comparer aux figures 19 et 20

voisins des deux *formants* de la voyelle considérée, que nous désignerons par F_1 et F_2 (voir chap. III et fig. 17). Si nous *filtrons* les bandes de fréquences F_1 et F_2 d'une voyelle, son timbre vocalique disparaît (fig. 24 *a*), et on ne peut plus dire quelle voyelle est émise.

2° *Un timbre « extra-vocalique ».* — Le timbre *extra-vocalique* d'une voyelle est le timbre *qui reste* lorsqu'on enlève par filtrage les bandes vocaliques F_1 et F_2. Ce timbre restant n'a plus aucune ressemblance avec une voyelle, mais il possède encore certaines qualités : un *volume*, une *épaisseur*, un *éclat*, une *couleur* (claire ou sombre). De plus, on

trouve qu'il est toujours le même pour un sujet donné quelle que soit la voyelle que l'on filtre. Par contre, il varie énormément d'un sujet à l'autre. Pour cette raison, nous l'avons appelé « timbre extra-vocalique *individuel fondamental* » (fig. 24 *b*).

Il ne caractérise plus la *voyelle émise*, mais la *voix du sujet*, c'est-à-dire en définitive la *fourniture laryngée initiale* de chaque sujet.

Si on filtre tout le reste du spectre d'une voyelle en ne laissant passer que les bandes de fréquences F_1 et F_2 (fig. 24 *a*), on obtient un timbre *vocalique pur*, qui ne présente plus aucun caractère individuel ou personnel, et qui est alors le même quel que soit le sujet mis en expérience.

Genèse acoustique des différentes qualités d'un timbre « extra-vocalique » correspondant à un sujet donné. — Sur un spectre vocalique quelconque (fig. 25), on peut distinguer les sept *bandes de fréquences* ou *régions* suivantes :

1° *Région A.* — Elle va du fondamental F au 1er formant F_1 (le plus grave) ;

2° *Région* F_1. — C'est celle du formant le plus grave, ne comprenant que lui seul (en général) ;

3° *Région B.* — Elle va du 1er au 2e formant F_2 : c'est la région interformantique ;

4° *Région* F_2. — C'est celle du formant le plus aigu, ne comprenant que lui seul (en général).

5° *Région C.* — Elle va du formant le plus aigu à la *fréquence de coupure* C (voir chap. VI) ;

6° *Région D.* — Elle va de la *fréquence de coupure* C jusque 3 500 Hz ;

7° *Région E.* — Elle va de 3 500 Hz jusqu'à la limite aiguë du spectre (qui croît avec l'intensité du son).

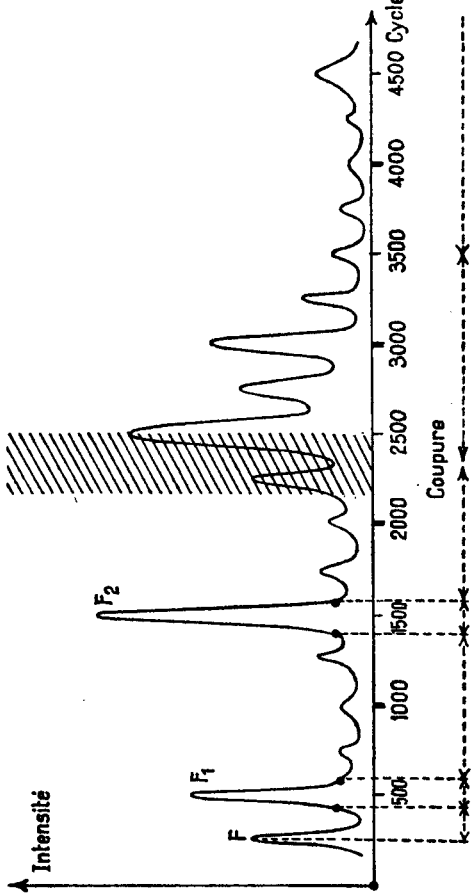

Fig. 25. — *Décomposition d'un spectre vocalique en ses sept principales régions qui ouent des rôles spécifiques différents dans la genèse des qualités artistiques de la voix chantée*
Explications dans le texte

Ceci posé, les différentes qualités du *timbre extra-vocalique* d'une voyelle quelconque (c'est-à-dire d'une *voix* quelconque) se définissent et se mesurent comme suit :

Volume de la voix. — Il *croît* (ou décroît) lorsqu'on *augmente* (ou qu'on diminue) les intensités dans la région A, et uniquement dans ce cas.

Epaisseur de la voix. — Elle *croît* (ou décroît) lorsqu'on *augmente* (ou qu'on diminue) les intensités simultanément dans les régions A, B et C, et uniquement dans ce cas.

Mordant ou éclat de la voix. — Il *croît* (ou décroît) lorsqu'on *augmente* (ou qu'on diminue) les intensités dans la région D, et uniquement dans ce cas.

Stridence de la voix. — Elle apparaît exclusivement lorsque des harmoniques de la région E sont trop intenses, mais, dans ces conditions, ceux de la région D sont encore plus intenses.

Appréciation ou mesure expérimentale de ces qualités. — L'appréciation objective de ces qualités peut se faire en photographiant les spectres vocaliques et en mesurant les intensités respectives contenues dans chacune de ces régions. La comparaison de deux voix se fait ainsi sans difficulté. L'obtention de mesures absolues, relativement à un spectre donné, peut également se faire moyennant l'adoption de techniques expérimentales précises.

Vibrato de la voix chantée. — Le *vibrato* de la voix chantée est une modulation de basse fréquence, atteignant l'*intensité* et la *hauteur*, qui se superpose à la fréquence acoustique proprement dite, et qui apparaît lorsque le sujet « appuie » sa voix. Les

voix « sans appui » ou « abandonnées » n'en présentent point.

La *fréquence normale* du vibrato est reliée à l'excitabilité récurrentielle du sujet par la formule :

$$N\,(\text{vibrato}) = \frac{6{,}25}{10 \times C}$$

où C est la *chronaxie* du nerf récurrent. Elle est donc *grosso modo* de 5 par seconde pour la basse, de 6 pour le baryton et de 7,5 pour le ténor.

Lorsque sa fréquence *diminue*, le vibrato prend un caractère pathologique et a reçu différents noms : ondulation, ballonnement, trémolo, chevrotement, etc.

Classification vocale s'attachant au facteur « intensité de la voix ». — Le facteur « intensité », mesuré comme il est dit plus haut, est le plus important en ce qui concerne l'emploi (ou les emplois possibles) d'une voix déterminée.

Nous avons été amené à définir la classification qui suit (voir *Histoire de la musique*, t. I^er^, p. 69 ; Encyclopédie de la Pléiade) en fonction de l'intensité *maxima* recueillie de face à un mètre de la bouche du sujet :

Voix dites de Grand-Opéra	120 dB et plus
Voix dites d'Opéra	de 110 à 120 dB
Voix dites d'Opéra-Comique.....	de 100 à 110 dB
Voix dites d'Opérette	de 90 à 100 dB
Voix dites de Salon	de 80 à 90 dB
Voix banales (ou de micro)	moins de 80 dB

Mais il convient de faire observer tout de suite que l'*emploi* d'une voix dépend essentiellement du *volume de la salle* dans laquelle elle doit être utilisée. Or les salles se divisent en : 1re catégorie (30 000 m³ ou plus) ; 2e catégorie (16 000 à 30 000 m³) ; 3e caté-

gorie (10 000 à 16 000 m³) ; 4e catégorie (7 000 à 10 000 m³), et 5e catégorie (moins de 7 000 m³). Dès lors, dans les salles de 1re catégorie, les premiers emplois du Théâtre lyrique ne peuvent être tenus que par des voix atteignant 120 dB au moins. Si une voix développe une intensité de 110 à 120 dB seulement, elle ne pourra remplir que des seconds emplois dans les salles de 1re catégorie, mais pourra recevoir les premiers emplois dans des salles de 2e catégorie ; etc.

Types de chant adaptés à la couleur ou au timbre de la voix. — Avec la *couleur* (claire ou sombre) de la voix et son *timbre* (lisse ou rugueux), on touche déjà de très près le *style* et les *possibilités expressives* du sujet, qualités beaucoup moins bien définies que les précédentes relatives à la tessiture et à l'intensité. De plus, le *goût du public* s'exercera sur elles de façon variée selon les *époques*, et même, au cours d'une époque donnée, selon le milieu social d'où l'auditeur sera issu. On ne saurait donc ici que formuler des indications très relatives, que nous limiterons à ce qui suit :

a) Les voix *volumineuses* et *sombres* seront toujours recherchées des grandes scènes lyriques, encore que certains publics ne les prisent guère pour un ténor ;

b) Le concert populaire sera moins exigeant à ce point de vue, et les timbres *mordants* y feront merveille ;

c) Le concert classique sera encore moins exigeant, et s'accommode en fait de qualités vocales uniformément modestes lorsque l'exécutant a l'habileté de choisir des salles dimensionnées à la mesure de l'intensité de sa voix ;

d) Le chant d'église ne formule guère que des

exigences de *style*, s'alliant toutefois à des desideratas d'intensité liés à la grandeur des nefs qu'il conviendra de remplir.

Contraintes exercées sur le chanteur selon le type de chant choisi. — Le type de chant impose au sujet, bien plus encore que des qualités vocales très particularisées, des *contraintes extra-vocales* très variées dont il convient de dire un mot, car elles conditionnent dans une large mesure les exécutions phonatoires exigées du sujet.

1° Le chant théâtral impose au sujet : des *conduites* et des *postures* liées à la mise en scène ; des motricités *gestuelles* et *faciales* liées au jeu expressif ; des contraintes de *costumes* et de *perruques* ; des contraintes *musicales* rigoureuses ; des contraintes de *décors*, de *plantations* et de *lumière* ; etc. ;

2° Le Concert populaire fait disparaître les contraintes issues de la mise en scène et des costumes ; il reste celles d'un jeu expressif limité aux *postures*, aux motricités *gestuelles* et *faciales*, et aux inflexions *vocales* ; les servitudes musicales seront parfois moins rigoureuses ;

3° Le Concert classique n'admet que des servitudes *musicales* et des contraintes expressives *vocales*. Encore est-il de bon ton de châtier ces dernières, de sorte que nombre de sujets, qui au théâtre lyrique paraîtraient dépourvus de tous moyens expressifs, brilleront au concert classique par leur « sobriété » ;

4° Le chant d'église n'exige guère que des servitudes *musicales* ; les accents expressifs d'intensité ne seront en général qu'esquissés, de même que ceux issus de modulations trop marquées de coloration vocalique.

Remarque sur le chant « au micro ». — Le chant devant micro, et avec haut-parleur adapté, présente les particularités suivantes :

1° En premier lieu, le mécanisme d'enregistrement n'est pas sensible à la pression acoustique, mais à ses *variations* ; il en est de même du mécanisme de reproduction. Ce n'est donc jamais la voix du sujet qui est reproduite, mais sa *dérivée seconde par rapport au temps.* D'où d'inévitables *distorsions* déformant les timbres ;

2° En second lieu, les techniques électro-acoustiques actuelles permettent de diminuer ou d'augmenter le niveau sonore dans telle ou telle bande de fréquences à volonté, et les techniciens de la radio ne s'en privent pas.

Il en résulte que, dans le chant avec micro, on peut transformer une voix quelconque en une infinité de voix totalement différentes, sauf lui garder son timbre propre. Le chant avec micro conduit à la négation de la culture vocale individuelle.

TROISIÈME PARTIE

LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES VOCALES CHANTÉES

Chapitre VI

LES SENSIBILITÉS INTERNES PHONATOIRES DU CHANTEUR ET LEURS ROLES

L'étude des sensibilités internes perçues par le chanteur pendant qu'il émet sa voix est sans contredit le chapitre le plus intéressant de la physiologie phonatoire, et la découverte de leurs rôles physiologiques et psychophysiologiques, si importants, est l'un des plus beaux titres de gloire de l'Ecole de Physiologie vocale dite « de la Sorbonne » entre 1951 et 1956.

Il est juste de reconnaître que tous les grands chanteurs de toutes les époques, depuis Lily Lehmann (1909) jusqu'à Jean Mauran (de nos jours), en passant par Caruso et Marcel Journet, en ont toujours proclamé l'*extrême importance*, alors que la plupart des « phoniatres » n'y voyaient que des « hyperfonctionnements » (Frœschels) ou des manifestations « psychopathiques ».

Nous donnerons leur description détaillée et des

indications sur leurs rôles dans la phonation. L'étude résumée ci-dessous a été exécutée avec le concours des plus belles voix de la Réunion des Théâtres Lyriques Nationaux français, parmi lesquelles nous citerons, par ordre de chronaxies croissantes : Mmes Mado Robin, Maryse Beaujon, Berthe Monmart, Suzanne Juyol, Simone Couderc, Geneviève Serres, Hélène Bouvier, Rita Gorr ; et MM. Roger Gallia, Gustave Botiaux, Paul Finel, Guy Chauvet, Ernest Blanc, René Bianco, Paul Lantéri, Georges Vaillant, André Richard et Henri Médus. A toutes et tous, nous exprimons ici notre meilleure gratitude.

Plages pharyngo-buccales. — Les plages pharyngo-buccales portées sur la figure 26 : n° 1 (palatale antérieure), n° 2 (palatale postérieure) et n° 3 (vélo-pharyngée), sont stimulées par la *pression acoustique* et les *turbulences aërodynamiques*, et naturellement d'autant plus fortement que les sons émis sont plus intenses. La stimulation de ces plages provoque, par voie réflexe (trijémello-réticulo-bulbo-récurrentielle) une *élévation du tonus* de la musculature sphinctérienne laryngée, donc un *accroissement du mordant de la voix*. La plage palatale antérieure, située derrière les incisives supérieures, autour du point M (dit : point de Mauran), est la plus *efficiente*, et sa stimulation ne doit en principe jamais cesser, quelles que soient la voyelle, la hauteur et l'intensité émises.

Région naso-faciale et crânienne. — La région naso-faciale (et parfois crânienne), portant le n° 5 sur la figure 26, est une région osseuse (et cartilagineuse) recevant parfois de l'*énergie vibratoire* transmise par les muscles élévateurs de la boîte cartilagineuse laryngée lorsque ceux-ci sont contractés

(et par conséquent lorsque le larynx est maintenu dans une position *haute*). Les sensibilités internes ainsi perçues représentent de l'énergie vibratoire ***absorbée*** (donc perdue), et paraissent faiblement inhibitrices du tonus laryngé : si elles sont en toute

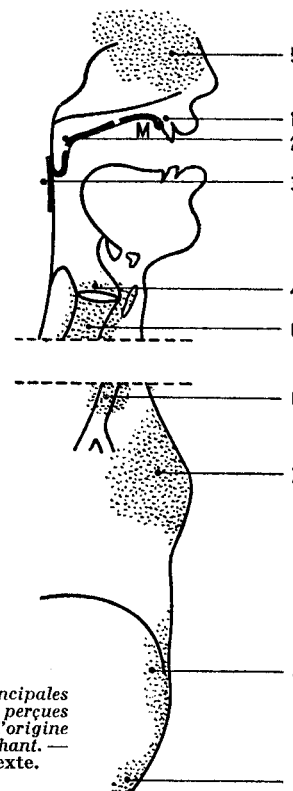

Fig. 26

Emplacements des principales plages et régions où sont perçues les sensibilités internes d'origine phonatoire pendant le chant. — Explications dans le texte.

rigueur inévitables, elles ne devront jamais être *recherchées*.

Région laryngée. — La région laryngée, marquée n° 4 sur la figure 26, ne perçoit que des sensibilités en général faibles et diffuses, ce que traduit l'adage des vieux maîtres du passé selon lequel « le chanteur ne doit rien sentir au niveau de son larynx ».

Dans les techniques vocales à *forte impédance ramenée* (voir chap. VII qui suit), l'élévation de l'intensité accroît un peu ces sensibilités en leur gardant un caractère diffus, et en leur conférant en sus un caractère *euphorique* (bien perçu comme tel par le sujet, qui « se fait plaisir à lui-même »).

Dans les techniques vocales à *faible impédance ramenée* (voir chap. VII qui suit), l'élévation de l'intensité fait évoluer ces sensibilités diffuses vers des sensations *épicritiques* intenses localisées aux cordes vocales (sensations de piqûre d'aiguille, de serrage, de cuisson, etc.), et qui traduisent la souffrance des effecteurs musculaires. Elles « sonnent l'alarme », et doivent être sévèrement proscrites.

Plage intra-trachéale. — Dans les effets de grande intensité, le sommet de la trachée, qui se distend légèrement, est le siège de sensibilités intéroceptives très faibles et faiblement euphoriques (région n° 6 de la figure 26). On a l'impression de « sentir la colonne d'air », disait autrefois A. Labriet.

Région thoracique. — La région thoracique, marquée n° 7 sur la figure 26, est le siège de *deux* sortes de sensibilités, totalement *différentes* quoique difficilement dissociables et distinguables l'une de l'autre par le sujet :

a) En premier lieu, de l'énergie vibratoire est transmise au squelette thoracique par les muscles abaisseurs de la boîte cartilagineuse du larynx lorsque celui-ci descend ou est maintenu *bas* ; cette énergie transmise, qui croît un peu avec l'intensité du son, est absorbée sur place. Elle est toujours très faible.

b) En second lieu, l'activité de contraction (tonique et clonique) de la musculature thoracique intervenant dans la *ventilation pulmonaire* fait naître des sensibilités *kinesthésiques* (ou de mouvement) et *stato-kinétiques* (ou de posture) qui sont fortement perçues, de caractères diffus et euphorique. Elles ont un rôle *puissamment activateur* du tonus de la musculature laryngée.

Régions pelvienne et périnéale. — La région pelvienne (marquée n° 8 sur la figure 26) et la région périnéale (n° 9) sont également parfois le siège, au cours des effets d'intensité exigeant des expirations très soutenues, de *sensibilités musculaires* de même nature que celles signalées ci-dessus (alinéa *b*), et ayant le même rôle activateur du tonus glottique.

Double rôle des sensibilités internes d'origine phonatoire perçues pendant le chant par le sujet lui-même. — Toutes les sensibilités internes décrites ci-dessus, d'origines *musculaire* et *intéroceptive* (à l'exception du petit contingent d'origine *vibratoire*), possèdent les deux rôles suivants :

1° En premier lieu, elles sont transmises à la formation réticulée bulbaire dite *activatrice*, et ont ainsi pour effet d'*élever le tonus* de la musculature glottique : elles maintiennent ou élèvent le *mordant de la voix*. La figure 27 donne le trajet (schématique) suivi par celles issues des plages palatales ;

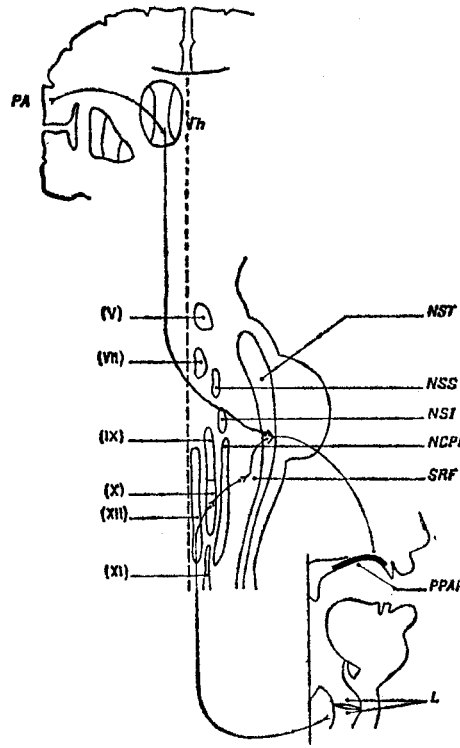

Fig. 27. — *Trajets suivis par les sensibilités internes palatales d'origine phonatoire perçues pendant le chant*
Explications dans le texte

L. : arynx. NCPE : noyau cardio-pneumo-entérique. NSI : noyau salivaire inférieur. NSS : noyau salivaire supérieur. NST : noyau sensitif du trijumeau. PA : pariétale ascendante. PPAP : plage palatale activatrice principale. SRF : substance réticulaire facilitatrice. Th : thalamus. (En chiffres romains : noyaux des nerfs crâniens).

2° En second lieu, elles gagnent les aires réceptrices somesthésiques du cortex cérébral, et elles affleurent ainsi à la *conscience* du sujet (fig. 27). De là, elles gagnent : *a)* les aires du cortex temporel où elles s'insèrent dans la *mémoire* du sujet ; *b)* les aires somatognosiques du cortex pariétal où elles s'intègrent dans un *schéma corporel vocal* (A. Soulairac, 1955) ; *c)* la région hippocampique du rhinencéphale (cortex archaïque) où elles reçoivent une *appréciation affective* (soit euphorique, soit désagréable). Nous verrons plus loin, au chapitre VIII, que c'est à l'aide de ses sensibilités internes d'origine phonatoire que le chanteur exercé *apprécie* sa propre émission vocale, la *corrige* et l'*adapte*, s'il y a lieu, à ses besoins phonatoires instantanés.

Chapitre VII

LES PRINCIPALES TECHNIQUES VOCALES CHANTÉES

Les conduites phonatoires et les techniques vocales chantées. — La phonation n'est pas une *fonction* au sens strict, mais un *comportement*. Comme tous les comportements (locomoteur, alimentaire, sexuel, d'agression, etc.), elle est susceptible d'affecter des *modalités* en nombre infini, chacune adaptée à un *but* défini et caractérisée par un *rendement* (en fréquence, en intensité, en timbre et en non-fatigabilité). Chaque modalité de comportement s'appelle une *conduite phonatoire*.

Parmi les conduites phonatoires, nous ne nous occuperons ici que des conduites de voix chantée, appelées par les artistes lyriques, depuis des lustres, des *techniques vocales*. On peut dire qu'une technique vocale est un mode d'utilisation de l'ensemble des organes concourant à la phonation, stabilisé par un dressage neurologique sensitivo-moteur approprié, ayant pour but de permettre au sujet les performances de hauteur, d'intensité, de timbre et de non-fatigabilité qu'il désire réaliser.

Si les techniques vocales sont en nombre infini, l'analyse physiologique qui en a été faite, entre 1951 et 1960, a permis de les classer en fonction de *critères*

divers, dont le plus important est sans contredit *la valeur de l'impédance ramenée sur le larynx* qui caractérise chaque technique vocale (voir plus haut les chapitres II et III).

Nous décrirons donc les techniques vocales à *impédance ramenée faible*, puis les techniques vocales à *impédance ramenée forte*, sans omettre de faire observer que ce ne sont là que deux types extrêmes entre lesquels se situent une infinité de types intermédiaires observables dans la pratique.

Puis nous décrirons les techniques vocales *nasalisées*, qui forment une classe à part, caractérisées par une impédance ramenée *énorme* ; bien qu'appartenant en fait aux conduites anormales ou pathologiques, l'existence de voyelles nasalisées dans certaines langues (français, portugais, polonais) conduit malheureusement parfois à leur emploi habituel.

Techniques vocales à impédance ramenée faible sur le larynx par le pavillon pharyngo-buccal. — Les techniques vocales à impédance ramenée *faible* sur le larynx par le pavillon pharyngo-buccal se caractérisent par un pavillon raccourci, donc par un larynx *haut* (dans une position voisine de sa position de repos), qui souvent *monte* encore en gravissant une gamme ou un arpège. L'ouverture buccale est faible en hauteur ; mais latéralement élargie par un recul des commissures labiales. La radiographie transversale révèle un pharynx contracté, de volume réduit, obstrué par le recul de la masse linguale (fig. 29 *a*).

La laryngostroboscopie montre un larynx fortement *contracté*, partiellement recouvert par l'épiglotte, des cordes vocales présentant de très faibles excursions latérales, des bandes ventriculaires rapprochées du plan médian. La tomographie frontale

montre des cordes vocales serrées l'une contre l'autre et amincies sur leur bord libre (fig. 28 *a*). La glottographie électrique de Fabre confirme ce diagnostic de « serrage » laryngé et pharyngé par la présence d'une phase d'accolement assez longue à chaque période.

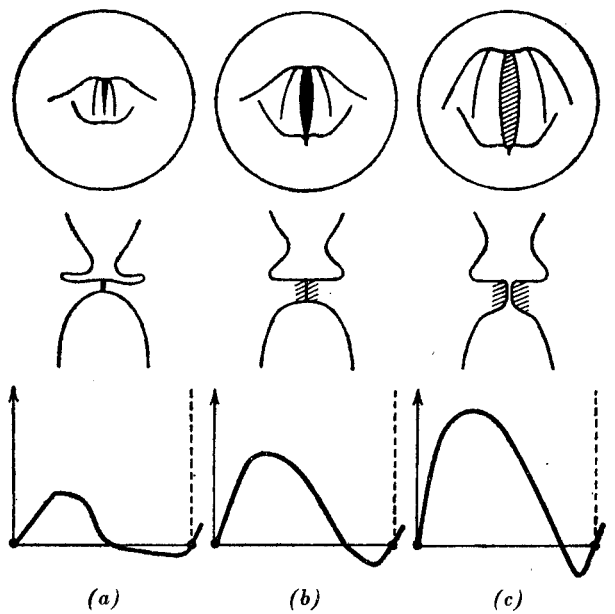

Fig. 28. — *Aspects laryngostroboscopiques* (en haut), *tomographiques* (au milieu), *et électroglottographiques* (en bas), *du même son émis par le même sujet dans trois types différents de technique vocale.* — Explications dans le texte.

En (a) : technique vocale à faible impédance ramenée. *En (b) :* technique vocale à forte impédance ramenée. *En (c) :* technique vocale nasalisée.

La voyelle émise était un È ouvert émis sur *ut* 3 par un baryton à 60 dB environ. *En (a) :* très claire. *En (b) :* sombrée vers EU ouvert. *En (c) :* légèrement nasalisée vers IN.

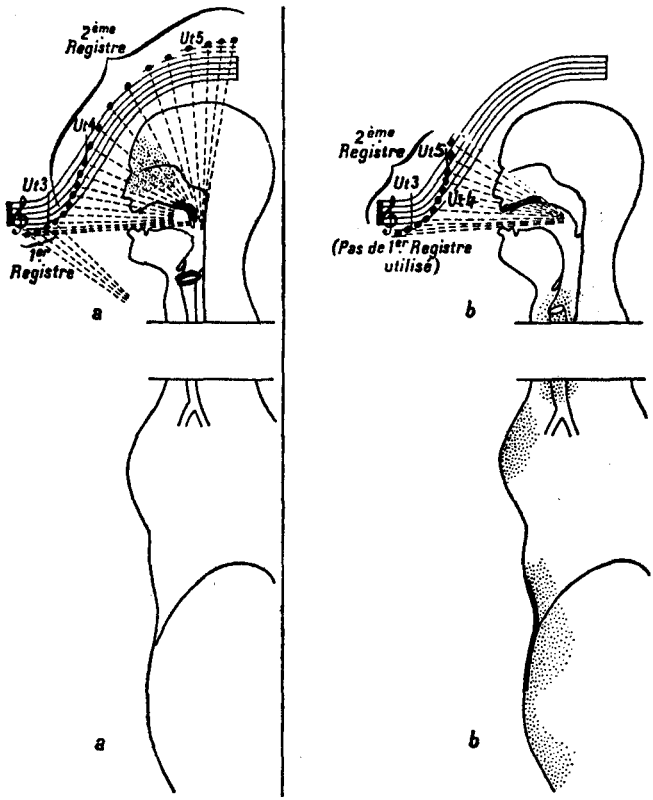

Fig. 29. — *Schémas corporels vocaux comparés de techniques vocales à faible* (en a) *et à forte* (en b) *impédance ramenée sur le larynx par le pavillon pharyngo-buccal.* — Explication dans le texte.

La voix du sujet possède un timbre *clair* et *mince*, parfois *blanc* et *plat*, souvent *strident* dans l'aigu. Les intensités réalisées sont toujours réduites, car l'impédance ramenée, trop faible, *charge mal le larynx* (comme disent les physiciens), et ainsi ne permet pas l'élévation de la pression sous-glottique.

Les sensibilités internes palatales du sujet sont reculées vers l'arrière-bouche (plage n° 2 de la figure 26). L'activité respiratoire est faible. Le sujet perçoit souvent des sensations de constriction et de piqûre d'aiguille au niveau de son larynx. Il a également la sensation subjective, dans l'aigu, de projeter les sons qu'il émet vers la racine du nez, et même vers le vertex à mesure qu'il gravit une gamme (fig. 29 *a*).

Techniques vocales à impédance ramenée forte sur le larynx par le pavillon pharyngo-buccal. — Les techniques vocales à impédance ramenée *forte* sur le larynx par le pavillon pharyngo-buccal se caractérisent par un pavillon allongé, donc par un larynx *bas* (dans une position plus basse que sa position de repos), qui souvent *descend* encore en gravissant une gamme ou un arpège. L'ouverture buccale est développée en hauteur. Les commissures labiales ne sont jamais rétractées, mais plutôt projetées vers l'avant. La radiographie transversale révèle un pharynx fortement dilaté dans toutes ses dimensions, ainsi que l'isthme linguo-vélaire (fig. 29 *b*).

La laryngostroboscopie montre un larynx sensiblement *moins contracté*, avec une épiglotte relevée. Les cordes vocales ont des excursions latérales plus amples. Les bandes ventriculaires sont plus écartées. La tomographie frontale montre des cordes vocales moins fortement accolées l'une à l'autre, sensiblement plus épaisses, et s'affrontant sur une profon-

deur verticale accrue (fig. 28 *b*). La glottographie électrique de Fabre confirme ce diagnostic de « décontraction » laryngée et pharyngée par une phase d'accolement plus brève et un glottogramme plus ample.

La voix du sujet possède un timbre *sombre* et *épais*, où les harmoniques aigus sont atténués. Les intensités réalisées sont beaucoup plus élevées (et peuvent devenir énormes chez certains sujets) ; car l'impédance ramenée, forte, *charge bien le larynx* (comme disent les physiciens), et permet ainsi l'élévation proportionnée de la pression sous-glottique.

Les sensibilités internes palatales du sujet sont fortement perçues et concentrées dans l'avant-bouche (plage n° 1 de la figure 26). La dépense d'air est fortement accrue et l'activité respiratoire du sujet augmentée en proportion. Le sujet perçoit fortement la contraction de sa sangle abdominale, « soutien » du souffle. Il ne perçoit absolument rien au niveau de son larynx, mais l'ensemble des sensibilités diffuses ressenties dans toute la région laryngo-pharyngo-buccale (surtout dans l'avant-bouche) (fig. 29 *b*) lui procure une *euphorie* particulière : c'est le *tonus euphorique* bien connu des efforts contrôlés de l'athlétisme. Enfin, en montant la gamme, il a la sensation subjective de toujours projeter ses sons *horizontalement en avant*, et cette directivité subjective ne se redresse jamais vers la verticale dans l'aigu (fig. 29 *b*).

Techniques vocales nasalisées. — Les techniques vocales nasalisées sont celles qui utilisent un abaissement permanent du voile du palais pendant l'émission de certaines voyelles sur tout ou partie de la tessiture. La nasalisation atteint parfois sélectivement les voyelles ouvertes, parfois les voyelles fer-

mées antérieures (i et é) seulement. C'est quelquefois le bas médium seul qui est nasalisé, quelquefois la région tonale du passage et l'aigu. Dans tous les cas, elle évolue toujours vers une nasalisation uniforme et permanente de tous les sons émis, traduisant alors une parésie du voile du palais.

En dehors du phénomène *acoustique* propre qui constitue la nasalisation, et dont nous n'avons pas à nous occuper spécialement, l'abaissement du voile du palais à pour conséquence essentielle de ramener sur le larynx une impédance accrue, cette fois *énorme*, qui vient s'ajouter à celle normalement ramenée sur lui par le conduit pharyngo-buccal. La nasalisation peut ainsi se superposer aussi bien à une technique vocale à *forte* impédance ramenée qu'à une technique vocale à *faible* impédance ramenée. Dans les deux cas, on observe (fig. 28 *c*) : un véritable *relâchement* de la musculature glottique, un fort épaississement des cordes vocales, une grosse diminution de leur tonus et de leur phase d'accolement, une énorme atténuation des harmoniques aigus, une activation respiratoire accrue. Si la pression sous-glottique peut s'élever, l'intensité de la voix n'en profite cependant pas en raison des absorptions énergétiques considérables qui frappent toute la partie de l'énergie vibratoire qui passe derrière le voile du palais.

Enfin, aux sensibilités internes normalement perçues par le sujet s'ajoutent des sensibilités vibratoires particulières dans la région du massif osseux de la face.

Ajoutons que, si le sujet tente de nasaliser une voyelle sur une tonalité supérieure à la « couverture des sons ouverts » (chap. I[er]), il inhibe pour cela les noyaux bulbaires moteurs des releveurs du voile, et cette inhibition risque d'atteindre les noyaux

moteurs (contigus !) des muscles *crico-thyroïdiens*. Dès lors la « couverture des sons ouverts » ne s'exécute plus, et les cordes vocales cessent de pouvoir répondre aux fréquences récurrentielles élevées : le sujet « perd » tout ou partie de sa quinte aiguë.

Pour tous détails relatifs à ces trois grands types de techniques vocales, nous nous excusons de renvoyer le lecteur à notre ouvrage relatif à *La voix chantée* (voir p. 2 du présent livre). Il y trouvera également l'exposé des grandes méthodes pédagogiques actuellement connues qui permettent leur réalisation progressive.

CHAPITRE VIII

APPRÉCIATION EXPÉRIMENTALE ET SELF-APPRÉCIATION D'UNE TECHNIQUE VOCALE

Le problème pédagogique de l'appréciation normative d'une technique vocale donnée. — De tous temps, les pédagogues de la voix chantée, ainsi que les artistes lyriques les plus intelligents, se sont posé le problème de savoir *comment* et *à quoi* reconnaître qu'une technique vocale donnée était « bonne » ou « mauvaise », comme on disait autrefois et comme il est encore entendu de nos jours. Dans les écrits sur la voix chantée publiés depuis un siècle en toutes langues, ce problème apparaît comme un souci lancinant.

Un certain nombre de solutions ont été proposées, lesquelles se réduisent à deux types principaux :

1° Certaines solutions, dites « empiriques », apparaissent sous la forme de *jugements de valeur* déduits de la simple *audition* de la voix, jugements formulés sur la base de certains critères (en général de *timbre*). Ce sont les plus anciennement formulées et toujours les plus couramment appliquées.

2° D'autres solutions, apparues dès 1924, utilisent des *procédés expérimentaux* divers, et ont eu de suite la prétention d'apprécier *scientifiquement* la conduite phonatoire du sujet.

Nous donnerons un exposé succinct des principales méthodes de chacun de ces deux types, après quoi nous verrons comme le problème se pose en fonction des résultats des recherches de physiologie phonatoire entreprises à la Sorbonne depuis 1950, lesquelles ont profondément modifié les *données du problème* ainsi que la *nature* même *de la* solution, ou *des* solutions, qu'il est susceptible de comporter.

Les méthodes dites « empiriques » des maîtres de chant du passé. — Les méthodes dites « empiriques » imaginées par les maîtres de chant du passé, à des détails près, consistent toutes dans leurs grandes lignes en ce qui suit : *le timbre de la voix chantée est apprécié auditivement, sur toutes les voyelles et sur toute l'étendue de la tessiture du sujet, en fonction d'un certain timbre de référence que le pédagogue a présent dans sa mémoire auditive, provenant de son expérience personnelle, et qu'il a décrété être le « bon » timbre, donc celui devant être acquis par le sujet.*

Il est indéniable que cette méthode est susceptible de résultats parfois magnifiques, comme en témoigne l'existence, à chaque époque, des grandes voix connues telles que celles de Caruso, Tita Ruffo, Delmonaco, Escalaïs, Marcel Journet, Rita Gorr, Guy Ghauvet, Gustave Botiaux, Ernest Blanc, etc.

Mais il n'est pas moins niable qu'elle ne soit également responsable de la destruction de centaines de voix qui, chaque année, sortent des Conservatoires de tous les pays et ne peuvent poursuivre de carrière lyrique plus de trois ou quatre années.

La raison en est évidente. Le pédagogue doit d'abord établir son jugement en fonction d'un timbre de référence qui soit *bon* ; et cette condition *nécessaire* n'est pas toujours réalisée. S'il dispose d'un *bon* timbre de référence, il doit encore, en sur-

plus, connaître les procédés éducatifs qui lui permettront de corriger la technique vocale de l'élève dans un sens convenable ; et cette nouvelle condition *nécessaire* n'est pas nécessairement réalisée en même temps que la première.

C'est pour cette raison, de toute évidence, que de nombreux esprits, depuis un demi-siècle environ, ont tenté de substituer, au jugement *empirique* de l'oreille, une appréciation *objective* demandée à des instruments divers de laboratoire, et dont nous allons donner trois exemples.

La méthode objective de D. Stanley et H. H. Sheldon (1924). — Ces deux auteurs ont étudié comparativement, sur de nombreuses voix chantées jugées par eux « bonnes » ou « mauvaises », le *débit* aérien (en centimètres cubes par seconde) et l'*intensité* de la voix (en phones). Ils en ont conclu qu'une technique vocale était « bonne » lorsque la courbe de *dépense d'air*, en fonction de l'intensité, avait la forme représentée sur la figure 30 : forte dépense dans les « piano », diminuant avec un minimum

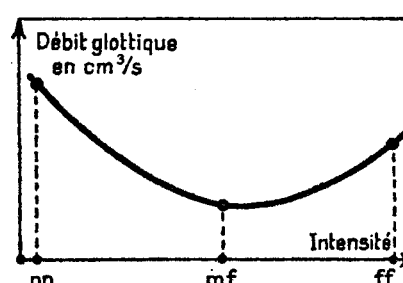

Fig. 30. — *Type de courbe reliant le débit glottique à l'intensité de la voix et caractérisant une « bonne » émission vocale d'après D. Stanley et H. H. Sheldon (1924).* — Explications et critique dans le texte.

dans les « mezzo-forte », s'accroissant dans les « forte » pour se terminer à un niveau un peu inférieur au niveau initial.

Ce critère, qui ne tient aucun compte du *timbre* de la voix, est beaucoup trop *grossier* pour caractériser une technique vocale et, de fait, les techniques les plus variées peuvent y satisfaire.

S. K. Wolf, D. Stanley et W. J. Sette sont revenus sur cette question en 1935 et ont superposé au critère précédent les deux *critères complémentaires* suivants : *a)* l'existence d'un *vibrato* dont la fréquence optima serait de 5,7 par seconde ; *b)* la présence d'*harmoniques intenses* dans les spectres vocaliques dans la bande 2 000-3 300 cycles. Nous allons retrouver dans un instant ces deux critères nouveaux et constater leur insuffisance.

(Pour tous détails sur ces travaux, le lecteur se reportera au *Singer's Manual*, Part I, édité par Norma Jean et E. Thomas A. Chadbourne, directeurs de The American School of Singing, 6 Lyon place, White Plains, New York, U.S.A.-N.Y., collection de brochures intéressantes et d'excellente qualité.)

La méthode objective de F. Winckel (1956). — Dans plusieurs écrits (et notamment dans *Acta Physiol. Pharmacol. Néerl.*, V, 1956, 56-72), F. Winckel a développé l'idée que la *qualité* d'une technique vocale pourrait être appréciée entièrement d'après le *spectre vocalique* des voyelles émises. Les critères formulés ne sont pas des plus clairs, mais on y trouve l'affirmation que toutes les « belles » voix seraient toujours caractérisées par un important « clocher » spectral dans la bande avoisinant 3 000 Herz.

Ceci est *faux*. L'existence d'un important « clocher » dans cette région du spectre dépend unique-

ment de l'*intensité* de la voix ; il apparaît toujours au-dessus de 90 décibels environ, que la voix soit « belle » ou « laide » et quelle que soit la technique vocale du sujet.

La méthode objective de E. Roudakov (1958). — E. Roudakov, de Moscou, apprécie la *qualité* d'une voix chantée, en premier lieu par son *vibrato* (dont il a fait une étude fouillée), et en second lieu par l'importance des harmoniques contenus dans la bande 2 500-3 200 cycles (dont il mesure l'intensité relative par un appareil électro-acoustique construit par lui).

Nous ferons simplement observer que les conditions ainsi définies sont *nécessaires*, mais ne sont nullement *suffisantes*, pour caractériser la qualité d'une voix ou d'une technique vocale. Des techniques vocales rigoureusement *opposées*, soit à *très faible*, soit à *très forte* impédance ramenée sur le larynx, peuvent y satisfaire parfaitement.

Appréciation physiologique d'une technique vocale : position du problème. — En fait, lorsqu'on cherche à porter un jugement normatif sur une technique vocale, on a à caractériser une *conduite neuro-motrice* complexe.

Il convient d'abord d'observer qu'il n'y a pas de conduites phonatoires « bonnes » ou « mauvaises » en soi, ou plus « physiologiques » les unes que les autres. Elles ont seulement des rendements très différents en intensité, en fréquence, en timbre et en non-fatigabilité. De même, la « marche au pas » n'est pas une conduite locomotrice plus physiologique que la « course à pied » : elle va moins vite, mais fatigue moins. Chaque conduite phonatoire est assortie de rendements qui lui correspondent,

en deçà desquels elle convient parfaitement, et *au-delà* desquels elle cesse de convenir.

Nous pouvons esquisser comme suit la hiérarchie des exigences qui peuvent apparaître :

1er cas : le sujet chante « pas aigu », « pas fort », « pas longtemps » et « pas souvent ». — Lorsque ces quatre conditions sont réunies, le sujet peut chanter *n'importe comment*, c'est-à-dire avec n'importe quelle technique vocale.

2e cas : le sujet doit utiliser extensivement la partie aiguë de sa tessiture. — Il devra, dans ce cas, pratiquer la « couverture des sons ouverts » sur la fréquence optima qui dépend de sa tessiture (voir chap. Ier), et ceci d'autant plus impérativement qu'il devra chanter plus souvent et plus longtemps.

3e cas : le sujet doit faire des effets de puissance. — Il devra, dans ce cas, protéger les fins mécanismes neuro-musculaires de son larynx en modifiant les timbres des différentes voyelles de façon à ramener sur son larynx une *impédance suffisante*, et toujours rapidement croissante du grave à l'aigu (voir les chapitres II et III). Cette exigence sera bien entendu d'autant plus impérative que le sujet devra chanter plus aigu, plus longtemps et plus souvent.

Telles sont les *conditions minima* auxquelles doit satisfaire une technique vocale en fonction des principaux rendements qui sont exigés d'elle (en hauteur et en intensité).

Il est remarquable que ces conditions minima ne soient pratiquement que l'observation stricte des *régulations homéostasiques* de la fonction phonatoire, de sorte que l'appréciation qualitative d'une conduite phonatoire rentre dans le cadre général de l'appréciation de tout comportement fondamental humain.

Facteurs caractéristiques principaux susceptibles de servir à l'appréciation objective d'une technique vocale. — Il résulte de ce qui précède que l'appréciation physiologique d'une technique vocale comporte, en tout premier lieu, d'une part l'étude des modalités d'exécution par le sujet de la « couverture des sons ouverts » à sa hauteur optima, et d'autre part l'étude du taux d'impédance qu'il ramène sur son larynx en montant la gamme et sur toutes les voyelles.

L'exposé des méthodes objectives radiologiques, électro-acoustiques et électro-glottographiques qui permettent de faire cette double étude ne saurait trouver place ici, et nous ne pouvons que renvoyer sur ces deux points à notre *Physiologie de la phonation* (Masson, Paris, 1962).

Principe fondamental sur lequel repose la possibilité, pour un sujet, d'apprécier sa propre technique vocale sur la base des sensibilités internes qu'il perçoit pendant le chant. — Nous avons montré au chapitre VI que, pendant le chant, un chanteur exercé avait la *perception consciente et nette* de tout l'ensemble des sensibilités internes qui sont déclenchées *en lui*, par son propre effort d'émission vocale, au niveau de presque tous les organes mis en œuvre, depuis la ceinture pelvienne (régions 8 et 9 de la figure 26) jusqu'à la région cervicale (région 5 de la figure 26). Il perçoit donc, à chaque instant, un *clavier* étendu de sensibilités internes, auquel le Pr André Soulairac a donné le nom, en 1955, de *schéma corporel vocal.*

Or l'expérience montre de suite que ce *schéma corporel vocal*, pour tout sujet, varie avec la technique vocale adoptée par lui. En gros, on peut dire que le clavier de sensibilités internes perçu par tout

sujet, pendant la phonation, dépend au premier chef du niveau d'impédance ramenée sur son larynx par la configuration de son pavillon pharyngo-buccal (voir chap. VII et fig. 29).

Il en résulte qu'un sujet peut apprécier de façon très précise et très objective sa propre technique vocale *s'il est en mesure, par une introspection sensitive suffisamment affinée, d'analyser son propre schéma corporel vocal*, et si, par ailleurs, *il sait à quoi correspondent les modifications de ce dernier.*

Il nous suffira ainsi de donner quelques précisions sur ce dernier point (en sus de ce que nous avons indiqué au chap. VII et à la fig. 29).

Les sensibilités palatales et leur évolution du grave à l'aigu. — Considérons, pour fixer les idées, un

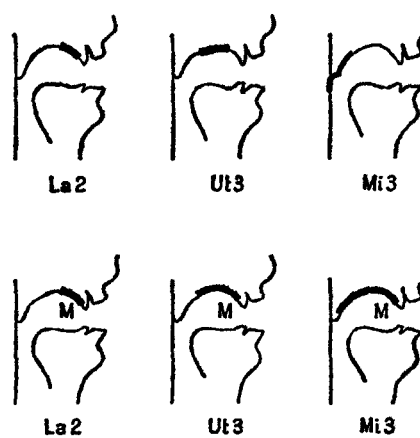

Fig. 31. — *Evolution des sensibilités palatales dans le médium du grave à l'aigu* (de gauche à droite) *sur la voyelle A émise comparativement avec une technique vocale à faible impédance ramenée* (en haut) *et à forte impédance ramenée* (en bas). — Explications dans le texte.

ténor qui monte la gamme sur la quinte *la* 2-*mi* 3 en émettant la voyelle ouverte A *forte*. Deux cas sont à considérer :

1° Si sa technique vocale est à *faible* impédance ramenée, il perçoit ses sensibilités internes palatales en la plage 1 sur *la* 2, en la plage 2 vers *ut* 3, et en la plage 3 sur *mi* 3. *Elles ont donc progressivement reculé, et la stimulation de la plage 1 s'est peu à peu évanouie* (fig. 31, en haut).

2° Si sa technique vocale est à *forte* impédance ramenée, il perçoit ses sensibilités internes palatales en plage 1 sur *la* 2, sur les plages 1 et 2 vers *ut* 3, et sur les plages 1, 2 et 3 sur *mi* 3. *Elles se sont donc étalées progressivement vers le voile du palais, mais sans jamais quitter la plage antérieure 1 et le point M (de Mauran) qui la caractérise* (fig. 31, en bas).

Les directivités subjectives de projection des sons et leur évolution du grave à l'aigu. — Considérons, pour fixer les idées, un soprano qui monte une gamme sur l'octave *la* 3-*la* 4 en émettant la voyelle fermée é *forte*. Deux cas sont à considérer comme plus haut :

1° Si sa technique vocale est à *faible* impédance ramenée, elle aura la sensation de projeter ses sons *horizontalement devant elle* de *la* 3 à *ut* 4, puis, en continuant à monter la gamme, la directivité subjective de projection va *se redresser vers le haut* progressivement, et sera à peu près *verticale* (vers le vertex) sur *la* 4 (fig. 32, à gauche) ;

2° Si sa technique vocale est à *forte* impédance ramenée, elle aura la sensation de projeter *tous ses sons horizontalement devant elle*, et, de *la* 3 à *la* 4, cette directivité subjective *ne se redressera jamais* (fig. 32, à droite).

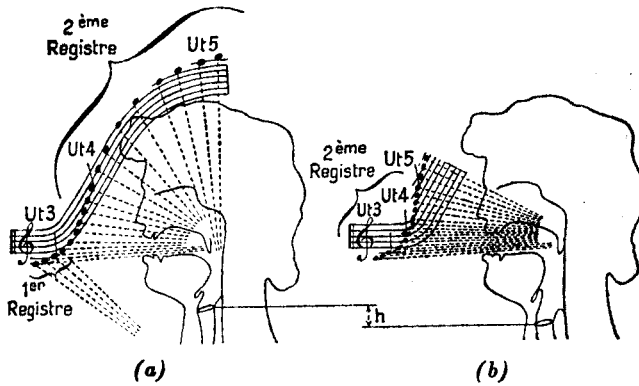

Fig. 32. — *Evolutions comparées, du grave à l'aigu et sur deux tessitures identiques de soprano, des directivités subjectives de projection des sensibilités internes céphaliques phonatoires dans une technique vocale :* en (a), *à faible impédance ramenée, et* en (b), *à forte impédance ramenée sur le larynx.* — Explications dans le texte.

Nous avons donné dès 1959 l'explication physiologique complète de ces faits, qui ne saurait trouver place ici (voir notre petit ouvrage sur *La voix chantée*, 1960).

Chapitre IX

RÉPERCUSSIONS PHONATOIRES DE L'ACOUSTIQUE DES SALLES ET DES SCÈNES

Une bonne audition, d'une part, et une phonation facile, d'autre part, au sein d'un même local, posent deux problèmes totalement différents. — L'expérience montre que, dans certaines salles, l'auditeur *entend bien*, alors que le chanteur déclare que son émission vocale s'y effectue dans des conditions *désagréables*. Ce cas est même très général.

Dans d'autres salles au contraire, le chanteur déclare y chanter avec *facilité*, alors que l'auditeur *y entend mal*.

Enfin, dans de très rares salles, l'audition est bonne et la phonation est facile (c'est le cas de l'Opéra de Paris) ; tandis que, dans d'autres très rares salles, l'audition est mauvaise et la phonation pénible (cas de certains théâtres dits « de verdure », à l'air libre).

Il s'ensuit que, de toute évidence, le problème des *conditions optima de la phonation*, dans un local, est entièrement distinct de celui des *conditions optima de l'audition*, et doit faire l'objet de recherches spéciales et appropriées. Nous les avons réa-

lisées en 1951-1952, et en résumons les résultats ci-après.

Description des conditions (désagréables au maximum) de la phonation à l'air libre ou dans une chambre dite « insonore ». — L'expérience du chant théâtral a révélé, depuis des décades, que la phonation est *désagréable au maximum* lorsqu'elle s'effectue à l'*air libre*, loin de tout obstacle réfléchissant, ou encore dans une salle à réverbération *faible* ou *nulle* (salle dite *mate* ou *insonore*).

Dans de telles conditions, le sujet éprouve un ensemble de sensations désagréables qui peuvent s'analyser comme suit :

1° Il lui semble que ses poumons se vident, en chantant, de façon plus rapide et *incoercible*. Il ne contrôle plus son expiration.

2° Il ressent, au niveau de son larynx, et surtout dans le médium de sa voix, une sensation inhabituelle de *striction*, laquelle ne disparaît point quelle que soit la façon dont il modifie son émission vocale. Cette sensation évolue vite vers celle de *piqûre d'aiguille*, de *cuisson*. Elle détermine le *hemmage* et la *toux* ;

3° La voix du sujet perd presque immédiatement son *épaisseur* ; elle *blanchit* ;

4° Les sensibilités internes palatales du sujet s'*évanouissent*, et celui-ci a le sentiment d'avoir du « coton dans la bouche » (terme professionnel consacré). Il tente de modifier son appropriation pharyngo-buccale pour les faire réapparaître, mais en vain, et exprime le fait en disant qu'il « ne sent plus sa voix » ;

5° Le sujet *s'entend moins* ;

6° Peu à peu, l'intensité de la voix émise par le sujet *tend à baisser* à son insu.

Evolution des conditions physiologiques et subjectivo-sensitives de la phonation lorsque le sujet chante au sein de locaux dont le temps de réverbération croît progressivement. — Les conditions phonatoires *désagréables au maximum* décrites ci-dessus se réalisant à l'air libre et en chambre insonore, c'est-à-dire dans un local où la réverbération est *nulle*, il était naturel d'étudier comment elles évoluaient lorsque le sujet chante dans des locaux à réverbération progressivement *croissante*. Cette étude fut faite en 1951 et donna les résultats suivants :

1° Lorsque la durée de réverbération (1) reste inférieure à 0,5 seconde, la phonation reste toujours très pénible, rapidement fatigante, sans que le sujet puisse aucunement y remédier par une appropriation quelconque de son émission ;

2° Lorsque la durée de réverbération est comprise entre 0,5 et 1,0 seconde, la phonation est encore très pénible, mais un chanteur exercé peut, par une modification volontaire et adaptée de son pavillon pharyngo-buccal, modifier son émission vocale de façon à atténuer sensiblement le caractère pénible des sensibilités internes décrites ci-dessus, et notamment faire disparaître la plus pénible de toutes, celle de « coton dans la bouche » ;

3° Lorsque la durée de réverbération évolue entre 1 et 2 secondes, une gêne légère est encore ressentie au niveau du larynx, mais elle est souvent supprimée par une appropriation pharyngo-buccale réflexe à déclenchement intéro et proprioceptif ;

(1) Rappelons que la durée de réverbération d'un local se définit comme suit : un son très bref de 1 000 hertz est émis, et l'oreille le perçoit sous la forme d'une traînée sonore qui s'affaiblit très rapidement. La durée de réverbération est le temps mis pour que le son perçu diminue de 60 décibels, soit donc tombe au millionième de sa valeur (en unités de pression).

4° Lorsque la durée de réverbération se situe entre 2 et 4 secondes, la phonation est facile et euphorique ; le chanteur « se sent à l'aise », déclare qu'il « sent sa voix » et qu'il en a « plein la bouche » ;

5° Lorsque la durée de réverbération évolue entre 4 et 8 secondes, la phonation est très facile, et le chanteur a l'impression que sa voix « sort toute seule de sa bouche » et qu'elle « sonne dans la salle » ; les intensités maxima sont accrues et réalisées sans effort ;

6° Lorsque la durée de réverbération est supérieure à 8 secondes, la phonation est toujours très facile, mais il apparaît la sensation particulière que « la salle fait corps avec la bouche » ; il apparaît aussi des gênes légères au niveau du larynx sur certaines hauteurs tonales qui coïncident avec les « sons propres » graves de la salle.

Explication physiologique des trois effets exercés sur le chanteur par les propriétés réverbérantes du local où il chante. — Lorsque la réverbération du local croît, et surtout *croît aux environs immédiats du chanteur*, trois effets physiologiques sont déclenchés *en lui* et viennent modifier sa propre phonation. Nous pouvons les résumer et les exposer comme suit :

1° L'*impédance de rayonnement* s'élève avec l'intensité des ondes réfléchies, et, comme elle est *ramenée sur le larynx* (voir chap. II), cette impédance ramenée au total sur le larynx s'élève. Elle provoque une *euphorisation* des sensibilités internes perçues à ce niveau, à laquelle le sujet est très sensible. C'est l'*effet impédanciel* ;

2° La pression *intra-buccale* s'élève avec l'impédance de rayonnement. Dès lors les plages de sensibilité palatales (n^{os} 1, 2 et 3 de la figure 26)

sont plus fortement stimulées. Le sujet perçoit mieux lesdites sensibilités, et la sensation de « coton dans la bouche » disparaît. De plus, transmises par le nerf trijumeau aux noyaux bulbaires, ces stimulations reviennent sur le larynx élever le tonus de la musculature glottique, ce qui accroît le *mordant* de la voix. C'est l'*effet trigémellaire* ;

3° Enfin, puisque le niveau sonore croît aux environs du chanteur, celui-ci perçoit mieux sa propre voix, et la stimulation auditive qui en résulte se répercute sur le larynx par le canal du réflexe cochléo-récurrentiel (découvert en 1951 par Garde, Larger et Husson), accroissant également le tonus de la musculature glottique. *C'est l'effet cochléo-récurrentiel.*

Ces trois *effets* expliquent entièrement l'évolution des sensibilités subjectives du chanteur, décrites ci-dessus, lorsque la réverbération du local croît.

Comment le chanteur peut-il adapter sa technique vocale à une réverbération trop faible ou décroissante ? — Lorsque le chanteur exercé, observateur merveilleusement sensible des sensations internes pharyngo-buccales qui se développent en lui pendant la phonation, sent celles-ci *diminuer d'intensité*, il a à sa disposition une méthode de choix pour les faire réapparaître et compenser ainsi les effets désastreux d'une baisse de la réverbération du local : il diminue légèrement son ouverture buccale en projetant un peu ses lèvres en avant, manœuvre traditionnellement appelée *tubage*. Ce faisant (fig. 33 *a*, *b*), il accroît l'*impédance de sortie* de son pavillon pharyngo-buccal, ce qui accroît dans la même proportion l'impédance ramenée sur ses cordes vocales. Il suffit d'ailleurs d'un *tubage léger* pour accroître l'impédance ramenée du *simple au double*.

Si le tubage est important, les « formants » buccaux et pharyngés sont aggravés et la voix se *sombre*. S'il croît encore, toutes les voyelles *ouvertes* finissent par *se fermer*, et on dit que le sujet chante

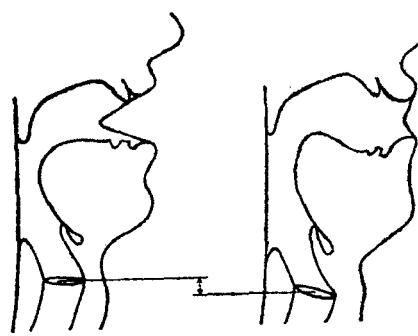

Fig. 33. — *Modification de l'ouverture bucco-labiale dans une manœuvre dite de « tubage », qui accroît l'impédance de sortie du pavillon pharyngo-buccal.* — Explications dans le texte.

On notera que cette manœuvre s'accompagne toujours d'un léger abaissement du larynx et d'une dilatation de la cavité pharyngée.

« dans un verre de lampe » (émission rencontrée chez certaines mezzos italiennes) : le sujet garde alors intacte son *euphorie laryngée*, mais l'auditeur y perd la distinction des différentes voyelles et cesse de comprendre ce que (parfois) il comprenait auparavant.

Cas de la chanteuse et de l'orateur. — Comme la femme chante en second registre, soit à l'octave aiguë de l'homme (en gros), et que l'impédance ramenée sur le larynx s'élève avec la fréquence, la

femme est beaucoup moins sensible que l'homme aux variations de réverbération du local où elle chante : comme l'écrit Sir James Jeans, « chanter dans sa salle de bains est un plaisir essentiellement masculin ».

Quant à l'orateur, il est nettement infériorisé à ce point de vue vis-à-vis du chanteur. Comme ses *mouvements articulatoires* se succèdent au rythme de 4 à 20 par seconde, il ne peut jamais réaliser d'appropriations bucco-labiales protectrices du genre « tubage », car elles se trouvent détruites aussitôt réalisées. De ce fait, à mesure que la réverbération s'abaisse, sa fatigue phonatoire *laryngée* croît rapidement sans qu'il puisse aucunement y pallier.

Chapitre X

LE CHANT AVEC LES CONTRAINTES EXHAUSTIVES DE L'ART THÉATRAL LYRIQUE

Les contraintes exhaustives exercées par l'Art théâtral lyrique sur les conditions physiologiques de l'émission vocale du chanteur au cours de l'action théâtrale. — Les conditions scéniques du chant théâtral exercent sur la phonation des exécutants un ensemble de *contraintes* variées dont l'étude est intéressante. Sans transformer le présent chapitre en une étude de caractère professionnel, il est instructif de tenter d'analyser dans leurs grandes lignes certains des mécanismes physiologiques mis en œuvre et leurs répercussions phonatoires. Ces *contraintes* peuvent être classées en sept rubriques :

1° Une contrainte issue des *besoins expressifs*, de nature psychophysiologique ;
2° Une contrainte *musicale*, de nature psycho-auditive ;
3° Une contrainte de *costumes*, qui s'exerce sur le corps du chanteur ;
4° Une contrainte d'*éclairage*, de nature psycho-visuelle ;
5° Une contrainte de *local*, qui relève de l'acoustiques des salles ;

6° Une contrainte de *mise en scène*, de nature physiologique stricte ;
7° Une contrainte *émotionnelle*, de nature psychophysiologique ;

Nous dirons un mot de chacune d'elles.

Relations psychophysiologiques entre la technique vocale et l'expression dans le chant. — Demandons-nous comment le sujet exercé réalise ses intentions expressives. Il exerce a cet effet une *triple* modulation de ses activités neuro-musculaires phonatoires :

1° Il approprie son *activation respiratoire* (inspiration et expiration) à la phrase vocale qu'il doit émettre pour lui assurer l'*intensité* désirée ;

2° Il règle le *tonus de son sphincter glottique* pour donner à sa voix le *mordant* (c'est-à-dire le *timbre extra-vocalique*) désiré ;

3° Il ajuste la *configuration* instantanée de son pavillon pharyngo-buccal en vue de donner à chaque voyelle émise la *couleur* (ou *timbre vocalique*) qu'il juge désirable. Cet ajustement, réalisé en vue de modifier les timbres vocaliques, se *répercute* sur le fonctionnement du larynx par un *effet d'impédance ramenée* (se reporter au chap. III où ce phénomène a été longuement étudié).

Réaction de l'expression sur le travail phonatoire du larynx. Observations de Jean Mauran (1960). — Nous avons dit plus haut que, si les intentions expressives se réalisaient par un ensemble complexe d'adaptations portant sur le comportement phonatoire du sujet, à cela ne se bornaient point les effets desdites intentions expressives sur la voix du sujet.

En effet : la modification expressive des coloris

vocaliques s'obtient essentiellement par l'adaptation des postures du pavillon pharyngo-buccal, et celles-ci, comme nous l'avons vu tout au long du chapitre III, ramènent sur le larynx, à chaque instant, une *impédance* qui dépend de la configuration du pavillon.

Si cette impédance ramenée *décroît*, le travail neuro-musculaire des cordes vocales sera rendu plus *pénible*, et le sujet pourra en être informé par l'apparition, au niveau de son larynx, de sensations de *striction* ou de *picotement*.

Si cette impédance ramenée *croît*, le travail neuro-musculaire des cordes vocales sera *facilité*, et le sujet pourra en être informé par une activation respiratoire amplifiée et facilitée ainsi que par l'apparition d'un *tonus euphorique* auquel il sera toujours attentif (voir chap. VI).

Il y aura donc, pour le travail du larynx, des expressions à tendance *durcissante*, et d'autres à tendance *adoucissante*. Aux premières appartiendront les expressions génératrices d'effets d'intensité *en voix claire* ; aux secondes toutes celles exigeant l'*épaississement* du timbre et son évolution vers les colorations *sombres*.

Des observations fort intéressantes dues à Jean Mauran, ancien baryton de Grand-Opéra, montrent notamment que, lorsque *le même sujet* passe d'un rôle pour lequel les besoins expressifs lui font *blanchir* et *alléger* sa voix, à un rôle plus dramatique pour lequel l'expression lui commande des timbres *plus épais* et *plus sombres*, le sujet éprouve dans le second cas une *diminution* considérable de sa fatigue laryngée. L'explication physiologique réside en un accroissement de l'impédance ramenée sur le larynx, comme il a été analysé avec quelques détails aux chapitres II et III.

Conditions psychophysiologiques particulières dans lesquelles s'effectue le chant avec orchestre. — Le chant avec orchestre, réalisé, soit au théâtre lyrique, soit dans le grand concert classique, impose au chanteur des conditions psychophysiologiques très particulières qui peuvent en première approximation s'analyser comme suit :

1° En premier lieu, il impose au chanteur une *servitude auditive*, ou encore une *servitude musicale*, constituée par le fait qu'il doit chanter rigoureusement *en mesure* et faire ses « départs » à des instants très rigoureusement *choisis* (en général indiqués par un geste du chef d'orchestre, mais pas toujours). Cette servitude serait psychologiquement très pénible si elle ne parvenait à être vaincue, dans la pratique, par un *dressage auditif* approprié constitué par le fait que le sujet finit par connaître, non seulement les parties qu'il doit chanter, mais encore leur accompagnement orchestral en totalité, y compris les développements musicaux séparant les parties chantées.

2° En second lieu, l'orchestre impose au chanteur, *avant* et *pendant* le chant, un ensemble de *stimulations auditives* complexes qui vont, par voie réflexe, affluer aux noyaux bulbaires moteurs des cordes vocales et y créer des conditions neurologiques particulières de fonctionnement. Ces conditions pourront être *facilitantes* ou *perturbatrices*, selon le cas, et nous verrons dans un instant comment ce choix se réalise.

Observation relative à l'orchestre qui est souvent accusé de « couvrir les voix ». — Il est presque de règle, depuis un demi-siècle, de lire dans les articles de critique musicale de la grande presse que la plupart des orchestres de théâtre lyrique ou de

concert « couvrent » les voix, obligeant les chanteurs à « pousser » et à « lutter avec leurs poumons » contre les 80 ou 100 exécutants contenus dans les fosses d'orchestre. De telles affirmations, recopiées par le jeu de l'ignorance et de la paresse depuis des lustres, *déforment tellement la vérité* qu'il convient d'en faire justice.

La figure 34 reproduit l'étendue des *spectres musicaux* pour les principaux types d'instruments de l'orchestre, et nous avons fait figurer en bas la disposition des principaux « clochers d'intensité » de la voix humaine chantée, dont les plus importants se situent dans la bande 2 600-4 500 cycles. Il est visible que, dans cette bande, les sonorités

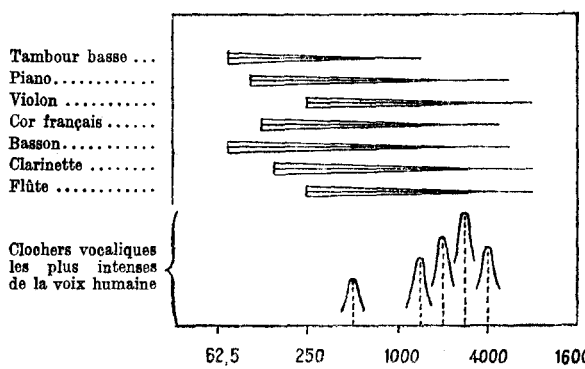

Fig. 34. — *Régions d'audibilité comparées pour quelques instruments d'orchestre et pour la voix humaine*
Explications dans le texte

Les instruments étaient joués *fortissimo*, et on notait l'intensité traversant des séries de filtres jusqu'à la cessation de sa perception. Pour les divers instruments, l'intensité perçue décroît rapidement avec la fréquence. Dans la voix humaine (au contraire) chantée *fortissimo*, le maximum d'intensité se situe entre 2 500 et 4 000 cycles (voir les figures 19 et 20).

de l'orchestre sont beaucoup moins alimentées que dans la bande 500-1 500 cycles.

C'est ce qui fait que, comme l'expérience le montre, *les voix chantées très puissantes de théâtre ne sont jamais couvertes par aucun orchestre*, même à l'Opéra de Paris.

Si une voix chantée est couverte par l'orchestre (et cela arrive), c'est qu'elle est *insuffisante*, et par conséquent *mal choisie* pour son rôle et pour la salle où elle est produite.

La sonorité de l'orchestre favorise ou perturbe l'émission de la voix chantée selon que la musique d'accompagnement est consonante ou dissonante. — Nous avons fait observer que, dans le chant *avec orchestre*, le sujet recevait, au cours même de son chant, un flot important de stimulations auditives qui, transmises aux noyaux bulbaires auditifs par le nerf acoustique, y provoquaient une activité nerveuse *homorythmique*. Son effet sur les noyaux bulbaires moteurs voisins, et notamment sur ceux qui commandent les cordes vocales, pourra avoir deux répercussions possibles :

1° Si la stimulation est *homorythmique au chant*, elle élève le tonus du sphincter glottique et favorise ses contractions rythmées : l'émission de la voix est considérablement *facilitée*. C'est ce que le chanteur exercé exprime en disant que « l'orchestre consonant soutient la voix » (1).

2° Si la stimulation est *hétérorythmique au chant*, elle peut déterminer, au sein des noyaux moteurs

(1) C'est pourquoi actuellement, à l'Opéra-Comique de Paris, nombre d'artistes lyriques se plaignent de ne pas entendre suffisamment l'orchestre. C'est pourquoi aussi, dans un tout autre ordre d'idées, la disposition de l'Opéra de Bayreuth, où l'orchestre est *sous la scène*, est extrêmement *défavorable au chant*.

bulbaires récurrentiels, l'apparition de *phases réfractaires* coïncidant avec l'arrivée d'influx phonogènes corticaux, et dès lors l'activité musculaire des cordes vocales est *entravée* ou même *suspendue* (expériences de Vannier, Saumont, Labarraque et Husson, Sorbonne ; *Rev. de Laryng.*, février 1954, 160-168). Une musique *dissonante* peut donc perturber gravement l'émission de la voix d'un chanteur.

Les compositeurs d'œuvres lyriques auront profit à méditer sur ces données de l'expérience.

Influence du diapason de l'orchestre sur les conditions physiologiques du travail neuro-musculaire des cordes vocales pendant le chant. — Le diapason de l'orchestre n'a cessé de monter, dans tous les pays, depuis deux siècles. A Paris, le *la* 3 était de 405 cycles à la cour de Louis XIV. Il gagne 434 cycles en 1833, et le Congrès des Physiciens allemands de Suttgart en 1834 le fixe à 440 cycles. Continuant sa progression, il atteint, en 1857, 448 cycles à Paris, 451 cycles à la Scala de Milan, 455 cycles à Londres. En 1859, un arrêté ministériel de la Convention le fixe en France à 435 cycles. Il n'en continue pas moins sa progression. Fixé à 440 cycles en 1939 à Londres par le Congrès de l'Organisation Internationale de Normalisation, il poursuit sa progression depuis cette date. Il est présentement voisin de 448 cycles à l'Opéra, et dépasse 450 cycles dans les orchestres entendus à la Radio (française et américaine).

Le simple bon sens montre qu'un ténor qui émet un contre-*ut* sur 533 cycles (dispason à 450) fatigue plus ses cordes vocales que lorsqu'il émet sur 517 cycles (diapason à 435), puisque celles-ci, déjà à la limite de leur excitabilité, doivent se contracter **533** ***fois par seconde au lieu de*** **517** ***fois.***

Mais c'est au voisinage du « passage » des voyelles ouvertes que la conséquence est la plus sévère. On le comprendra par l'exemple qui suit : soit un ténor dont la fréquence tétanique de fusion des cordes vocales est de 328 cycles. Avec un diapason d'orchestre à 435 cycles, il pourra encore « ouvrir » ses *mi* 3 (326 cycles), mais sera conduit à « couvrir » ses *fa* 3 (345 cycles). Si le diapason monte progressivement à 450 cycles, il va continuer à « ouvrir » ses *mi* 3, qui auront atteint 339 cycles, et par conséquent sera conduit à « ouvrir » des sons sur une fréquence supérieure à celle de fusion tétanique de ses cordes vocales. Aucun larynx ne saurait y résister longtemps (voir à ce sujet ce que nous avons dit au chapitre Ier).

Sur la contrainte de costume. — La contrainte de costume se manifeste par des *gênes* diverses, et d'ailleurs très inégales, dont il n'est loisible que d'énumérer les principales.

Les *perruques* tiennent chaud et déterminent la transpiration céphalique.

Les *barbes*, si elles ont été collées imprudemment la bouche fermée et au repos, entravent la réalisation des ouvertures buccales.

Les *cuirasses*, parfois très lourdes, peuvent provoquer des entraves aux postures et conduites que l'artiste doit adopter.

Les *casques*, souvent très lourds (malheureux Wotan !), doivent être en équilibre parfait. Dans le cas contraire, ils déterminent une activité tonique permanente compensatrice de certains *muscles du cou*, muscles ayant des noyaux moteurs (dépendant du spinal médullaire ou bulbaire) voisins de ceux des cordes vocales. La fatigue des premiers peut entraîner une hypo-excitabilité des secondes.

Sur la contrainte d'éclairage. — Les éclairages violents peuvent provoquer une gêne oculaire *au début.* Mais ils auraient, selon certaines observations, une action stimulatrice sur la voix, du moins dans certaines conditions.

Sur la contrainte de local. — Le chanteur n'évolue pas en général dans la *salle* où se trouvent les auditeurs, mais sur une *scène*, local séparé de la salle et couplé avec elle. Cette particularité pourra toujours avoir d'heureuses conséquences. En effet, une *bonne audition* exige un temps de réverbération qui ne dépasse pas 1,7 seconde, tandis qu'une *phonation facile* exige des temps de réverbération dépassant largement 2 et 3 secondes (voir chap. IX). On réalisera facilement de telles réverbérations sur scène par l'emploi de *décors réfléchissants* (murs ou plafond) : c'est ce qui existe tout naturellement à l'Opéra de Paris (fig. 35), où la réverbération n'excède pas 1,1 seconde dans la salle, et atteint 2,5 secondes sur la scène, et parfois plus avec certains décors *rigides.*

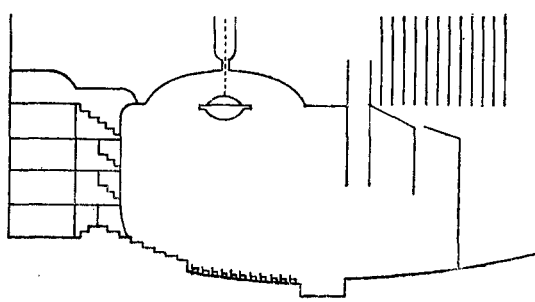

Fig. 35. — *Coupe transversale schématisée de l'Opéra de Paris (salle et scène)*

Dessin effectué d'après les plans originaux et réduit à l'essentiel. Explications dans le texte.

La nature des décors avoisinant le chanteur exercera, pour la même raison, une forte répercussion sur les conditions de son chant : *défavorable* s'il est à côté de tentures ou d'accès latéraux ouverts sur les coulisses, *favorisante* s'il se trouve devant un décor rigide et éloigné d'accès latéraux ouverts sur les coulisses.

Sur la contrainte de mise en scène. — L'artiste lyrique doit également *jouer*, c'est-à-dire observer les déplacements compliqués et les conduites imposés par une *mise en scène*. Il devra marcher, s'agenouiller, tomber, se relever, etc., et ceci tout en exécutant sa *partie vocale* en accord avec l'orchestre. Ici, les exigences des déplacements du chanteur pourront nuire gravement à son émission vocale en modifiant fortement le conditionnement de sa *ventilation pulmonaire*. Chanter en marchant, notamment, est pénible et parfois impossible. Projeté à terre, le chanteur peut manquer de souffle et ne le retrouver avec peine que 8 ou 10 mesures plus tard : le rôle de Rigoletto, acte III, scène III, est redouté à cet égard. Enfin, lorsque le chanteur est assis, les excursions de son diaphragme sont limitées, et dans ces conditions les intensités réalisées seront moins élevées et les durées de tenue de notes moins longues.

Sur la contrainte émotionnelle. — L'artiste lyrique ne doit pas que *chanter*, il doit aussi et surtout *exprimer*. On touche ici le vieux paradoxe de Diderot : pour *exprimer*, l'acteur doit-il *sentir* ou seulement *mimer son émotion* ? Sans entrer dans la discussion de ce qui n'est peut-être qu'un *pseudo-problème*, nous ferons observer que tout artiste lyrique *ressent* plus ou moins, selon le rôle qu'il chante, selon ses

partenaires, selon le public, et selon ses dispositions affectives momentanées. Il semble d'ailleurs que, s'il ne ressent *rien*, son jeu expressif reste pauvre et inorganisé. Une pointe d'émotion est toujours *facilitatrice* et *organisatrice*. Mais bien entendu, si elle est trop forte, elle peut exercer des inhibitions préjudiciables à la phonation. Elle devra toujours, comme l'écrit André Villiers pour l'artiste dramatique, rester sous le contrôle strict de la volonté du sujet. Cette contrainte émotionnelle, qui touche aux dédoublements fugaces de la personnalité, ne sera jamais la plus facile à vaincre chez l'artiste de grand talent.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

AMADO (J.-H.), *Glandes endocrines et phonation, l'endocrino-phoniatrie* (Confér. Palais de la Découverte, 12-2-1955, série A ; n° 211, Paris).

DJIAN (A.) et HUSSON (R.), Tomographie et phonation (*Journ. radiol. électrol.*, 33, 1952, 127-135).

FABRE (Th.), Un procédé électrique percutané d'inscription de l'accolement glottique au cours de la phonation : glottographie de haute fréquence, premiers résultats (*Bull. Acad. Nat. Méd.*, 1957, 66-69).

FABRE (Th.), Etude comparée des glottogrammes et des phonogrammes de la voix humaine (*Ann. Oto-Laryng.*, 75, 1958, 767-775).

GARDE (Ed.-J.), *Les expériences de Moulongnet et leurs conséquences sur le plan de la Neuro-Phoniatrie* (Confér. Palais de la Découverte, 12-12-53, série A, n° 189, Paris).

GARDE (Ed.-J.), *La voix* (coll. « Que sais-je ? », n° 627, 2e éd., 1962, Presses Universitaires de France).

GARDE (Ed.-J.), Le monophasage de la voix parlée chez la femme (*Rev. Laryngol.*, Bordeaux, décembre 1959, 993-1017).

GRÉMY (Fr.), La voix humaine et le rôle du larynx dans sa genèse (*Le Concours médical*, 79, 13 juillet 1957, 3377).

HUSSON (R.), Voir p. 2.

MALMBERG (B.), *La phonétique* (coll. « Que sais-je ? », n° 637, 1954, Presses Universitaires de France).

MATRAS (J.-J.), *L'acoustique appliquée* (coll. « Que sais-je ? », n° 385, 1949, Presses Universitaires de France).

MAURAN (Jean), *Art théâtral lyrique* : T. Ier, *Chant* ; t. II, *Mise en scène* (en manuscrit ; à paraître).

ROCARD (Y.), *Dynamique générale des vibrations* (Masson, Paris, 3e éd., 1960).

SOULAIRAC (A.), Sensibilités internes et phonation : centres, voies, mécanismes, rôles (*Rev. Laryng.*, Bordeaux, suppl. novembre 1955, 666-674).

VILLIERS (A.), *La psychologie de l'art dramatique* (Armand Colin, 1951).

VILLIERS (A.), *L'art du comédien* (Presses Universitaires de France, 1953).

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

RÉALISATIONS DES PERFORMANCES VOCALES DU CHANT

		Pages
Chapitre Premier.	**La réalisation des fréquences élevées et le premier mécanisme protecteur des cordes vocales**	5
— II.	**La réalisation des grandes intensités et le second mécanisme protecteur des cordes vocales**	21
— III.	**Le timbre des voyelles chantées et ses répercussions sur le fonctionnement du larynx**	35

DEUXIÈME PARTIE

LES DIFFÉRENTES TESSITURES CHANTÉES

Chapitre IV.	**La classification des voix chantées en tessitures**	53
— V.	**Autres classifications vocales et mesure des qualités d'une voix chantée**	65

TROISIÈME PARTIE

LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES VOCALES CHANTÉES

PAGES

CHAPITRE VI. — **Les sensibilités internes phonatoires du chanteur et leurs rôles** 77

— VII. — **Les principales techniques vocales chantées** 85

— VIII. — **Appréciation expérimentale et self-appréciation d'une technique vocale.** 93

— IX. — **Répercussions phonatoires de l'acoustique des salles et des scènes.** 103

— X. — **Le chant avec les contraintes exhaustives de l'Art théâtral lyrique.** 111

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE 123

1962. — Imprimerie des Presses Universitaires de France — Vendôme (France)
ÉDIT. N° 26 773 IMPRIMÉ EN FRANCE IMP. N° 17 214

Que sais-je ?

Collection dirigée par Paul Angoulvent

Derniers titres parus

943. **Les passions** (J.-A. Rony).
944. **Les bibliothèques** (A. Masson et P. Salvan).
945. **Les virus** (P. Lépine).
946. **Les mouvements clandestins en Europe** (H. Michel).
947. **Histoire de la civilisation européenne** (Cl. Delmas).
948. **L'âge de la pierre** (D. de Sonneville-Bordes).
949. **L'Eglise orthodoxe** (O. Clément).
950. **Les espaces économiques** (J.-R. Boudeville).
951. **Sociologie du droit** (H. Lévy-Bruhl).
952. **Le rugby** (R. Poulain).
953. **Les manuscrits de la mer Morte** (E.-M. Laperrousaz).
954. **Histoire des fleurs** (L. Guyot et P. Gibassier).
955. **Histoire de la Picardie** (J. Lestocquoy).
956. **Les hautes températures** (J. Lachnitt).
957. **L'esthétique industrielle** (D. Huisman et G. Patrix).
958. **Histoire du Languedoc** (E. Le Roy Ladurie).
959. **Le solfège** (M. Soulage).
960. **Le jansénisme** (L. Cognet).
961. **La stérilité** (J. Dalsace).
962. **Histoire de la géologie** (A. Cailleux).
963. **Le protocole et les usages** (J. Serres).
964. **La République Démocratique Allemande** (G. Castellan).
965. **L'économie de l'Afrique du Nord** (R. Gallissot).
966. **Les relations publiques** (D. Huisman et J. Chaumely).
967. **Arboriculture et production fruitière** (H. Boulay).
968. **Les langues internationales** (P. Burney).
969. **La vigne et sa culture** (L. Levadoux).
970. **Le Pakistan** (Fr. de Testa).
971. **L'industrie du disque** (P. Gilotaux).
972. **La chevalerie** (Ph. du Puy de Clinchamps).
973. **Caoutchoucs et textiles synthétiques** (J. Vène).
974. **L'impressionnisme** (M. Serullaz).
975. **Les industries de la soierie** (J. Vaschalde).
976. **La grippe** (G. H. Werner).
977. **L'industrie de la pierre et du marbre** (R. Lambertie).
978. **La musicologie** (A. Machabey).
979. **La Perse antique** (Chr. et J. Palou).
980. **Les industries du savon et des détergents** (E. Mayolle).
981. **Les courses de chevaux** (P. Arnoult).
982. **La chirurgie esthétique et plastique** (P.-Fr. Grigaut).
983. **La pollution des eaux** (R. Colas).
984. **La syntaxe du français** (P. Guiraud).
985. **Les jeux de casino** (A. Neurrisse).
986. **La révolution russe** (Fr.-X. Coquin).
987. **L'aménagement du territoire** (Cl. Delmas).
988. **La prévention des naissances** (A. Sauvy).
989. **La cellule vivante** (H. Firket).
990. **Les reptiles** (J. Guibé).
991. **Les grandes marques** (A. Pillet).
992. **Histoire du Béarn** (P. Tucoo-Chala).
993. **Les attitudes politiques** (J. Meynaud et A. Lancelot).
994. **L'obésité** (J. Decourt et M. Périn).
995. **Les Pyrénées** (G. Viers).
996. **Le droit pénal** (J. Larguier).
997. **Le chant** (R. Husson).

ÉDIT.
26 773

1962-2 - Imp. des Presses Universitaires de France, Vendôme (France)
IMPRIMÉ EN FRANCE